

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

Porovnání účinnosti peletovaného krmiva s obsahem hmyzu a směsi s běžným složením při odchovu okouna říčního (*Perca fluviatilis*) v poloprovozních podmínkách

Autor: Martin Novotný

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Turek, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: MSc. Pham Thai Giang

Studijní program a obor: Zootechnika, rybářství

Forma studia: prezenční

Ročník: 3.

České Budějovice, 2017

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených 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, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. 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 2.5. 2017

.....

Martin Novotný

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Janovi Turkovi Ph.D. za pomoc a cenné rady v průběhu celého výzkumu a při následné tvorbě této bakalářské práce, dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni Andree Plavčanikové a své rodině za silnou a důležitou podporu v průběhu celého studia na Jihočeské univerzitě. Velké poděkování také patří všem, kteří se jakoukoliv formou podíleli na výzkumu probíhajícím v ERPP ve Vodňanech a výzkumu probíhajícím v provozu firmy Anapartners s.r.o.

Martin Novotný

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin NOVOTNÝ**
Osobní číslo: **V14B010P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Porovnání účinnosti peletovaného krmiva s obsahem hmyzu a směsi s běžným složením při odchovu okouna říčního v poloprovozních podmínkách**
Zadávající 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 :

Cíl práce: Cílem práce je ověřit možnost využití hmyzu jako alternativního zdroje pro výrobu krmiva pro okouna říčního.

V rámci experimentu bude porovnána produkční účinnost krmiva s obsahem 10% hmyzu (náhrada 25% rybí moučky) a živinově a energeticky srovnatelného krmiva založeného na konvenčních složkách pro odchov okouna říčního v poloprovozních podmínkách. Odchov bude probíhat v provozu firmy Anapartners s.r.o. v Praze - Horních Počernicích a rybochovném objektu Experimentálního rybochovného pracoviště a pokusnictví FROV JU ve Vodňanech. Pro odchov budou v obou provozech použiti okouni říční, navyklí na příjem peletovaného krmiva. Ryby budou v obou provozech chovány v recirkulačním systému v plastových nádržích při odpovídající obsádce. Kontrolní skupina bude krmena směsí založenou na konvenčních složkách, experimentální skupina bude krmena peletami s obsahem 10% (hmotnostních) sušeného hmyzu (cvrček domácí a larvy potemníka peruánského). Oba druhy krmiv mají vyrovnané živinové a energetické složení. Vlastní odchov bude v obou provozovnách probíhat v období podzim 2015 - zima 2016.

Sledovanými parametry budou přežití, růst a kondice ryb obou skupin. Po ukončení experimentu budou odebrány vzorky svaloviny a jater pro hodnocení profilu mastných kyselin, jaterních enzymů, charakteristik výtěžnosti a senzorkého hodnocení svaloviny.

Získané údaje budou porovnány a hodnoceny pomocí statistických metod odpovídajících jejich povaze (ANOVA, t-test, χ^2 - test).

Rozsah grafických prací: **10 - 15 tabulek a grafů**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Baruš, V., Oliva, O., et al., 1995. Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichthyes (1). Academia, Praha, 623 s.

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

Stejskal, V., Vejsada, P., Cepák, M., Špička, J., Vácha, F., Kouřil, J., Policar, T., 2011. Sensory and textural attributes and fatty acid profiles of fillets of extensively and intensively farmed Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.). *Food Chemistry* 129: 1054-1059.

FAO 2013 Edible insects Future prospects for food and feed security. ISBN 978-92-5-107595-1

Barroso, F.G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martinez-Sanchez, A., Perez-Ba n, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422-423, 193-201.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Turek, Ph.D.**


Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Konzultant bakalářské práce: **MSc. Giang Thai Pham**

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **11. prosince 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 19. ledna 2016

Obsah

1 Úvod	9
2 Literární přehled	11
2.1 Rozšíření a výskyt na území Evropy	11
2.2 Rozšíření a výskyt v České republice	11
2.3 Biotop výskytu	11
2.4 Popis a vzhled	12
2.5 Chování	13
2.6 Potrava	14
2.7 Růst	15
2.8 Rozmnožování	16
2.9 Hospodářský význam	17
2.10 Chov okouna říčního	20
2.10.1 Extenzivní chov	20
2.10.2 Intenzivní chov	20
2.11 Umělá reprodukce okouna říčního	21
2.11.1 Generační ryby	21
2.11.2 Hormonálně stimulovaný výtěr	23
2.11.3 Umělý výtěr	23
2.11.4 Poloumělý výtěr	24
2.11.5 Inkubace jiker	25
2.12 Odchov raných stádií	26
2.12.1 Extenzivní odchov	26
2.12.2 Polointenzivní odchov	27
2.12.3 Intenzivní odchov	28
2.13 Krmivo a krmné dávky v intenzivních chovech	30
2.14 Využití hmyzu v krmivech	31
2.14.1 Využití krmiva s přídavkem hmyzu u karnivorních druhů ryb	35
2.15 Druhy hmyzu použité k výrobě experimentálního krmiva	36
2.15.1 Potemník peruánský (Zophobas morio)	36
2.15.2 Cvrček domácí (Acheta domestica)	37
3 Metodika a popis výzkumu	38

3.1 Krmiva použitá při výzkumu	38
3.2 Experiment v provozu firmy Anapartners s.r.o.	42
3.3 Experiment v experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví (ERPP) Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech	43
3.4 Hodnocení produkčních ukazatelů.....	44
3.5 Analýza obsahu tuků a složení mastných kyselin ve svalovině.....	45
3.6 Statistická analýza dat.....	45
4 Výsledky	46
4.1 Výsledky experimentu v provozu firmy Anapartners s.r.o.....	46
4.2 Výsledky experimentu provedeného v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech	47
4.3 Výsledky analýzy obsahu tuků, mastných kyselin a hodnocení HSI v obou experimentech.....	50
5 Diskuze	53
6 Závěr.....	56
7 Seznam použité literatury.....	57
8 Přílohy	68
Abstrakt.....	70
Abstract	71

1 Úvod

Okoun říční (*Perca fluviatilis*) je nedílnou součástí evropských sladkovodních biotopů, vyskytující se v jezerech, vodních nádržích, rybnících či řekách, kde v těchto prostředích často tvoří četné populace s nezanedbatelným hospodářským významem. V posledních letech, se zvyšující se oblibou využití okouna říčního v evropské gastronomii, stoupá i jeho význam komerční. Jelikož odlov okouna říčního z volných vod, nedokáže plně uspokojit poptávku trhu po tomto druhu, stále větší úlohu v jeho produkci přebírá chov v recirkulačních systémech technických akvakultur. Tato metoda přináší výrazné zkrácení produkčního cyklu a je schopna nabídnout na trh celoročně kvalitativně vyrovnaný produkt.

Objem produkce technických akvakultur roste celosvětově napříč chovanými druhy, s čímž souvisí i stoupající množství spotřebovaných umělých krmiv. Chov okouna říčního v recirkulačních systémech je poměrně novou záležitostí, a i přes jistý pokrok v posledních letech zatím nebylo vyvinuto umělé krmivo, které by plně splňovalo nutriční nároky tohoto druhu. Nedílnou složkou umělých krmiv jsou proteiny pocházející z kvalitních zdrojů, zejména důležité jsou pro uměle chované karnivorní druhy ryb, mezi něž patří i okoun říční. V současné době je nejvyužívanějším a také kvalitativně nejlépe vyhovujícím zdrojem proteinů pro výrobu krmiv rybí moučka. Produkce rybí moučky je limitovaná, zejména velikostí populací ryb využívaných pro její výrobu, což vede ke snížení její dostupnosti a k postupnému zvyšování její ceny. Proto je nyní aktuálním tématem hledání zdrojů pro její možnou částečnou či úplnou substituci. Jedním z možných alternativních zdrojů živin pro výrobu akvakulturních krmiv jsou různé druhy hmyzu, jehož využití je předmětem stále intenzivnějšího výzkumu, zejména v posledním desetiletí.

Cílem experimentů provedených v rámci řešení bakalářské práce bylo ověřit možnost částečné substituce rybí moučky v umělém krmivu pro okouna říčního moučkou hmyzí a porovnat toto krmivo s krmivem konvenčním. Hodnocenými parametry byly produkční ukazatele chovu a analýza obsahu tuků a profilu mastných kyselin ve svalovině pozorovaných ryb. Odchov probíhal ve dvou recirkulačních systémech, v Experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské Univerzity ve Vodňanech a druhý v komerčním provozu firmy Anapartners s.r.o. v Praze Horních Počernicích. Druhý experiment měl přinést údaje

z reálného prostředí zaběhlého komerčního chovu, oproti údajům z čistě experimentálních podmínek výzkumu prvního. Výsledky experimentů mohou být podkladem pro další výzkum v oblasti využití hmyzu pro výrobu akvakulturních krmiv.

2 Literární přehled

2.1 Rozšíření a výskyt na území Evropy

Výskyt okouna říčního (*Perca fluviatilis*), je doložen téměř po celé Evropě, s výjimkou střední a jižní Itálie, Pyrenejského poloostrova a západní části Balkánského poloostrova, dále pak poloostrova Krym, části Skotska a Skandinávie, zejména pak území Norska. Důvodem absence okouna říčního v těchto částech Evropy jsou četné vysočiny, nebo vysoká teplota vody, jenž je hlavním limitujícím faktorem. Pro okouna říčního je horní teplotní hranice vody 31 °C podle laboratorního výzkumu Weatherlaye (1963), při této teplotě přežívá okoun říční pouze několik hodin, jeho výskyt je tedy limitován letní izotermou 16 – 31 °C. (Baruš a kol., 1995)

2.2 Rozšíření a výskyt v České republice

Okoun říční je považován za jeden z našich nejhojnějších druhů ryb v povodí řek Labe, Odry a Moravy (Hanel a Lusk, 2005). Vyskytuje se tedy po celém území České republiky v pro jeho život vhodných biotopech (viz. 2.3) (Baruš a kol., 1995). Jeho výskyt byl na našem území, v období let 1964 – 2005, zaevidován v nadmořské výšce od 130 do 802 metrů (Hanel a Lusk, 2005).

2.3 Biotop výskytu

Primárním biotopem výskytu okouna říčního jsou stojaté či mírně tekoucí vody s větší hloubkou a tvrdým dnem, s oblibou vyhledává místa zarostlá rostlinstvem. Naopak nemá příliš v oblibě malé a silně zabahněné mělké vody (Gerstmeier a Romig, 2003). Nalezneme ho v říčních ramenech, tůních, rybnících a velmi často také v přehradních nádržích či jezerech, kde divocí okouni říční vytvářejí dvě ekologické formy, jedince obývající volné vody a jedince zdržující se v pobřežních oblastech (Čech a kol., 2005). Vzhledem ke své poměrně velké toleranci k salinitě vody (Rougeot a kol., 2008), vplouvá též do brakických vod pobřežních oblastí Baltského moře. Sekundárně můžeme okouna říčního také nalézt v prudce tekoucích chladných vodách pstruhového pásma (dospělý jedinec se dokáže pohybovat v tocích s rychlostí proudu až do 45 – 60 cm.s⁻¹),

v těchto vodách se však vyskytuje sporadicky (Baruš a kol., 1995). Co se týče fyzikálně - chemických vlastností vody jsou pro divoce žijící okouny říční klíčové tyto údaje: teplota od 4 do 31 °C, pH 6 – 12, obsah kyslíku od 1,3 do 13,5 mg.l⁻¹ a salinitou do 10‰ (Rougeot a kol., 2008).

2.4 Popis a vzhled

Tělo okouna říčního je vysoké a ze stran zploštělé, je pokryto drobnými ktenoidními šupinami, charakteristická jsou velká koncová ústa a velké oči s oranžovou duhovkou. Na hřbetě nalezneme dvě ploutve, z nichž báze přední je o něco delší než báze zadní. Břišní ploutve jsou výrazně předsunuté téměř k bázi prsních ploutví (Hanel a Lusk, 2005). První paprsek hřbetní ploutve a žaberní víčko je vybaveno pro okouna říčního typickým trnem (Rougeot a kol., 2008).

Tělo je zbarveno žlutozeleně až šedě, hřbet je zelenočerný, boky jsou žluté až žlutozelené s mosazným leskem, břicho bývá bělavé nebo žlutavé. Na bocích nalezneme 5 – 9 hnědočerných příčných pruhů, které nesestupují až do spodní části těla (Baruš a kol., 1995). Pruhy nemusí být vždy plně zřetelné a mohou být jen naznačené, pokud jsou vytvořeny mohou mít různou délku a někdy jsou i pospojovány do skvrn připomínajících písmena „V“ či „Y“ (Hanel a Lusk, 2005).

Přední hřbetní ploutev je šedá, tvořena pouze tvrdými nevětvenými ploutevními paprsky s výraznou černou skvrnou mezi posledním 2. a 3. paprskem. Hanel a Lusk (2005) uvádí, že tato skvrna je vytvořena vždy, i v případě, pokud je pruhování na bocích nepříliš zřetelné, druhá hřbetní ploutev je žlutozelená až průhledná. Prsní ploutve jsou nažloutlé, břišní a řitní načervenalé, ocasní ploutev je šedočerná někdy s červeným nádechem. Zbarvení okouna říčního může být vzhledem k místu pobytu a hloubce vody různě intenzivní, podle Friče (1908) je zbarvení jedinců vyskytujících se v pstruhových potocích či řekách velmi intenzivní. Pohlavní dimorfismus není u okouna říčního výrazně vyvinut, pouze v období výtěru lze rozlišit samice od samců podle zvětšené břišní dutiny a rozšířené urogenitální papily samic (Baruš a kol., 1995).

2.5 Chování

Okoun říční po většinou žije v hejnech, která tvoří až několik set jedinců různé věkové a velikostní kategorie, tato hejna se obvykle za svítání formují a za soumraku rozpadají (Baruš a kol., 1995). Aktivita těchto uskupení nejčastěji kulminuje právě za svítání či těsně před setměním (Černý, 1973). Zajímavým úkazem je často pozorovaný organizovaný způsob lovu, kdy skupina okounů obkličuje hejna malých ryb a krouží kolem nich do té doby, než některá z nich ztratí kontakt s hejnem a následně se stává objektem pronásledování a velmi často i kořisti (Gerstmeier a Romig, 2003).

Okoun říční je stanovištní rybou, pohybující se z pravidla jen na malé vzdálenosti. Podle výzkumu Vostradovského (1970), provedeným individuálním značkováním jedinců na přehradní nádrži Lipno, se 71 % označených jedinců vyskytovalo v oblasti do 1 kilometru od místa vypuštění a do 2 kilometrů se poté nacházelo 91 % označených ryb. Během tohoto experimentu se též povedlo chytit označeného jedince až na druhé straně přehradní nádrže Lipno, což činí vzdálenost přibližně 36 kilometrů, a znamená to tedy, že individuální migrace na velké vzdálenosti není u okouna říčního vyloučena.

Míra aktivity okouna říčního je přímo závislá na teplotě vody (Hergenrader a Hasler, 1967). Na podzim se stahují do větší hloubky a na jaře se z pravidla vracejí do mělčin. Během zimního období jsou nadále aktivní spíše jen větší a starší jedinci, kteří stále aktivně vyhledávají potravu, naopak jedinci mladší významně snižují svou aktivitu (Dyk, 1944).

Larvy okouna říčního jsou těsně po vylíhnutí pelagické, zdržující se v epilimniu a citlivé vůči přímému slunečnímu svitu, vyhledávají tedy světlo rozptýlené nebo stín, vyhýbají se ovšem úplné tmě (Chevey, 1925). Před dosažením délky 20 mm přestávají být okouni pelagictí a přesouvají se do mělčích vod podél pobřeží, kde v období od června do srpna vytvářejí početná hejna, poté se s klesající teplotou přesouvají zpět do vod hlubších (Coles, 1981).

2.6 Potrava

Potravní návyky okouna říčního jsou úzce spjaté s jeho věkem a velikostí, místem výskytu, ročním obdobím či potravní zásobou v dané lokalitě. Dle Iljina (1970), se v jedné lokalitě mohou vyskytovat různé ekologické skupiny, jejichž skladba potravy se poměrně výrazně liší. Celkově však lze okouna říčního považovat za karnivorní druh. Jak již bylo zmíněno, nejvyšší aktivitu vykazuje tento druh při svítání či za soumraku, kdy vyhledává potravu převážně za pomoci zraku (Rougeot a kol., 2008).

Larvy začínají přijímat potravu asi 2 až 3 dny od vylíhnutí v závislosti na teplotě vody (Craig, 2000). V této rané fázi života ji tvoří zejména naupliová či kopepodiová stádia klanonožců, dále pak drobné perloočky, v menší míře vířníci. U okouna říčního je častým jevem také kanibalismus, který byl zaznamenán již u jedinců s celkovou délkou těla 15 mm (Rougeot a kol., 2008).

Po překročení celkové délky těla 15 mm se součástí jeho potravy výjimečně stávají larvy pakomárů či larvy ryb zejména z čeledi kaprovitých, dochází k tomu po většinou při nedostatku zooplanktonu v lokalitě výskytu. Od 28 mm délky těla v potravě začínají převažovat větší jedinci z řádu *Cladocera* a častěji i larvy pakomárů a larvy kaprovitých ryb.

Dospělí jedinci okouna říčního jsou ve výběru potravy velmi přizpůsobiví a vždy záleží na lokalitě výskytu a na každém jedinci zvlášť, nejčastěji uváděnými zdroji jsou poté různé druhy ryb a jejich larvy či jikry, zooplankton, obojživelníci, vodní hmyz, utopený hmyz, drobní korýši, zřídka i drobní hlodavci. Velmi významnou složkou potravy se často stávají i jedinci vlastního druhu, dle výzkumu Thorpa (1974) mohou během hlavní vegetační sezóny tvořit juvenilní okouni až 88,6 % z hmotnosti potravy dospělých ryb. Jak již bylo zmíněno, okouni říční mohou v jedné lokalitě tvořit i několik různých ekologických populací, což se následně odráží i na složení potravy. Na volné vodě a ve větších hloubkách se zdržující, rychle rostoucí jedinci, se živí převážně lovem ryb, naopak u pomalu rostoucí, u břehů žijící populace převažuje planktonní a bentická potrava, tuto pomalu rostoucí formu popsal Berg (1933) jako morfa *phragmiteti* (Baruš a kol., 1995).

2.7 Růst

Vzhledem k velkým rozdílům v potravní preferenci, se tato skutečnost odráží i na růstu okouna říčního v přírodních podmínkách a spolu s teplotou vody patří nabídka potravy mezi klíčové růstové faktory. V porovnání s jinými okounovitými rybami patří okoun říční mezi pomaleji rostoucí druhy (Rougeot a kol., 2008).

V přírodních podmínkách střední Evropy je rychlost růstu z pravidla nejvyšší v období května až srpna, naopak na podzim a během zimy je růst výrazně zpomalen z důvodu poklesu teploty vody. Pro nejintenzivnější růst okouna říčního je optimální teplota vody kolem 23 °C, dalším významným faktorem je nasycení vody kyslíkem, které by mělo při zmiňované teplotě vody dosahovat 70 – 80 %, což odpovídá koncentraci nad 6 mg O₂ · l⁻¹ (Mélard a kol., 1996). Vliv na rychlost růstu má následně také pohlaví ryb, kdy bylo zjištěno, že samice okouna říčního vykazují o 20 – 25 % větší rychlost růstu, nežli je tomu u samců (Rougeot a Mélard, 2008).

Okoun říční dosahuje v přírodních podmínkách v prvním roce života, dle mnohých pozorování či výzkumů, zpravidla velikosti 50 až 80 mm. Nejvýraznější rozdíly v rychlosti růstu nastávají nejčastěji ve 3. až 5. roce života, což je pravděpodobně způsobeno dosažením určité velikosti a přechodem na jiný druh potravy s větší dostupností. Rychlost růstu okouna říčního v přírodních podmínkách byla pozorována mnoha autory na velkém vzorku vodních ploch. Z těchto pozorování vyplynulo, že nejvyšší rychlosti růstu dosahovaly populace obývající vodní nádrže v první fázi po napuštění (obvykle do 5 let). Je tomu tak pravděpodobně díky dostatku vhodné potravy, malé konkurenci ze strany jiných druhů ryb a také proto, že v tomto období bývá okoun říční v nádržích dominantním druhem. Poté však dochází k poklesu růstu následkem přemnožení a zvýšení potravní konkurence jinými druhy ryb, jak zjistil například Vostradovský (1962) na vodní nádrži Mšeno (Oliva a Holčík, 1965).

Okoun říční se v přírodních podmínkách dožívá věku 8 – 10 let, byli ovšem zaznamenáni i jedinci ve věku 13 let, například ve vodní nádrži Slapy (Čihař, 1961). Rekordním exemplářem je poté ten zaznamenaný ve vodní nádrži Mšeno, jenž se dožil věku 19 let (Vostradovský, 1962). V Evropě dosahuje okoun říční v přírodních podmínkách celkové délky těla v rozmezí 200 – 350 mm a hmotnosti 0,3 – 2 kg (Rougeot a kol., 2008). Dle Švátory (1986), dorůstá okoun říční ve volných vodách ČR zpravidla velikosti 150 – 300 mm, zároveň však dodává, že zejména v přehradních

nádržích nejsou výjimkou okouni dosahující hmotnosti přes 1 kg. Největším uloveným exemplářem v České republice je jedinec o délce těla 56 cm a hmotnosti 3,44 kg (Hanel a Lusk, 2005), Rougeot a kol. (2008) uvádějí evropské hmotnostní maximum 5 kg.

2.8 Rozmnožování

Samci okouna říčního v přírodních podmínkách pohlavně dospívají zpravidla ve druhém roce života při celkové délce těla 60 – 120 mm, samice pohlavně dospívají většinou o rok nebo o dva později při celkové délce těla 120 – 180 mm (Treasurer, 1981). V rámci kontrolovaných podmínek intenzivního chovu bylo však prokázáno, že samci i samice mohou pohlavně dospívat o jeden rok dříve než v přírodních podmínkách, což v případě samců znamená stáří 10 měsíců a v případě samic 22 měsíců (Craig, 1974). V období rozmnožování je mírně patrný pohlavní dimorfismus, který je jinak takřka neviditelný, samice mají na rozdíl od samců výrazně plné břišní partie a naběhlou a načervenalou genitální papilu (Polícar a kol., 2009).

Začátek výtěrové sezóny je úzce spjat s jarní zvyšující se teplotou vody, kdy dle mnohých autorů začíná tření při teplotách 6 – 7 °C, což v podmínkách České republiky znamená období na přelomu března a dubna (Bastl, 1969; Holčík, 1965; Stehlík, 1969). Délka výtěrové sezóny je taktéž ovlivněna teplotou vody a může trvat v rozmezí 5 – 8 týdnů, tedy do druhé poloviny května či výjimečně i začátku června (Migaud a kol., 2001). Jako další faktor ovlivňující začátek výtěru uvádí Švátora (1986) nadmořskou výšku, kdy ryby vyskytující se v nižších nadmořských výškách se vytírají podstatně dříve než ryby vyskytující se ve vyšších nadmořských výškách.

Samotný výtěr okouna říčního začíná migrací generačních ryb z hlubších vod do mělčin s tvrdým šterkovitým či písčitým dnem podél břehů. S předstihem několika dní se na trdlišti nejprve shromažďují samci a až následně připlouvají samice. Ty nejprve vyhledají vhodné místo s odpovídajícím substrátem, kterým nejčastěji bývá litorální porost, ponořené větve či kořeny stromů, ponořená makrovegetace nebo kameny. Optimální hloubka místa výtěru se pohybuje v rozmezí od 0,5 do 2 metrů, zřídka jsou nalezeny pásy jiker v hloubce větší. Po nalezení takového místa začnou samice, doprovázeny vždy několika samci, toto místo objíždět v malých kruzích, následně se prohnu do tvaru připomínající písmeno „U“ a začnou vypouštět pás jiker, který může být u větších jedinců až 1,5 metru dlouhý. V okamžiku vypouštění jikerných provazců

se samci snaží nastavit svůj močopohlavní otvor co nejtěsněji k samici a zahájí vypouštění mlíčí. Tento samotný akt trvá jen několik málo vteřin, jak ale zjistil pozorováním v akváriu Fabricius (1951), samice po vytření začnou odhánět samce a místo výtěru chrání přibližně dalších 5 hodin. (Baruš a kol., 1995)

Neoplozené jikry mají v závislosti na velikosti a hmotnosti samice velikost v rozmezí 1 - 2 mm, následně po oplození a nabobtnání 1,9 - 2,8 mm (Rougeot a kol., 2008). Absolutní i relativní plodnost jikernaček okouna říčního z volných vod je značně proměnlivá, dle výzkumů (Craig, 1974; Švátora, 1986; Treasurer, 1981) se ta absolutní pohybuje v rozmezí 950 – 300 000 kusů jiker a zvyšuje se s hmotností, velikostí a věkem jikernaček. Relativní plodnost byla zjištěna během umělého či poloumělého výtěru jikernaček a pohybovala se v rozmezí 90 000 – 140 000 kusů jiker na kilogram tělesné hmotnosti (Polícar a kol., 2009).

V přirozeném prostředí je rovněž variabilní i doba inkubace oplozených jiker, která závisí na teplotě vody (Baruš a kol., 1995). Swift (1965) uvádí, že při teplotě 12 °C trvala inkubace jiker 14 – 15 dní, což odpovídá hodnotě přibližně 175 denních stupňů, při teplotách vody pod 10 °C se vývoj jiker prodloužil až na 16 – 33 dní a zvýšil se tak i počet denních stupňů potřebných k inkubaci. V okamžiku těsně po vylíhnutí dosahoval váčkový plůdek délky v rozmezí od 5,9 do 6,5 mm (Baruš a kol., 1995).

2.9 Hospodářský význam

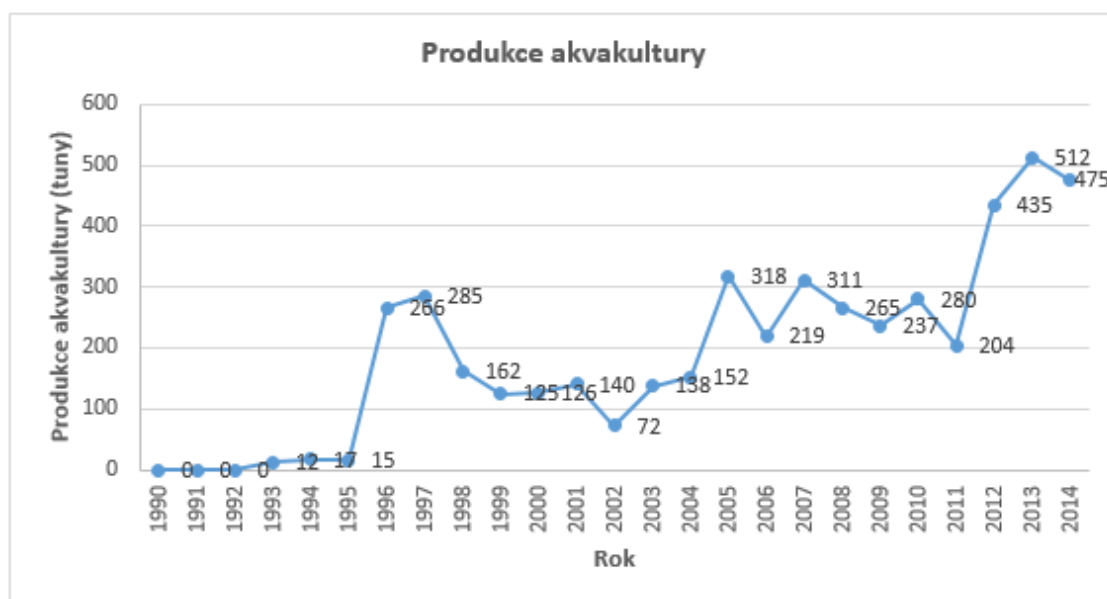
Význam a vliv okouna říčního z pohledu rybníkářského a z pohledu jeho výskytu ve vodárenských nádržích může být negativní i pozitivní. Negativním vlivem výskytu okouna říčního je jeho obliba v požívání jiker a plůdku jiných druhů ryb, což je například v případě plůdkových výtažníků při chovu kapra obecného (*Cyprinus carpio*) či v pstruhových vodách s výskytem přirozeně se vytírajícího pstruha obecného (*Salmo trutta morpha fario*) zcela nežádoucí (Baruš a kol., 1995).

Mezi pozitiva lze z rybníkářského pohledu zařadit jeho pozici v potravní složce štiky či candáta obecného (*Sander lucioperca*), při výzkumu v údolní nádrži Lipno bylo zjištěno, že tento druh tvoří 49 % podíl v potravě štiky obecné (*Esox lucius*) co se týče početnosti a 15 % podíl co do hmotnosti (Vostradovský, 1970). Dále lze mezi pozitiva zařadit jeho efektivní využití k eliminaci nežádoucích drobných druhů ryb, jež jsou potravními konkurenty například primárně chovaného kapra obecného či lína obecného

(*Tinca tinca*). Tato eliminační schopnost je také využívána k biomanipulaci ve vodárenských nádržích, přehradních nádržích či jezerech. V nich větší jedinci svým predačním tlakem snižují počty ryb požírajících hrubý zooplankton, jenž je filtrátorem fytoplanktonu. Tím dochází ke zvýšení výskytu hrubého zooplanktonu a snížení výskytu fytoplanktonu a s tím spojenému zlepšení kvality vody (Policar a kol., 2011; Stejskal a kol., 2010).

Okoun říční je také atraktivním a vyhledávaným cílem sportovních rybářů, zejména na mimopstruhových rybářských revírech (Baruš a kol., 1995). Jedním z hlavních důvodů oblíbenosti tohoto druhu je jeho bílé, netučné a chutné maso neobsahující mezisvalové „Y“ kosti, což ho řadí spolu s candátem obecným mezi perspektivní evropské sladkovodní druhy ryb, kterým je v poslední době věnována velká odborná pozornost, spojená s řešením úkolů vedoucích k jeho úspěšnému zařazení do chovu v technických akvakulturách. (Fontaine a Kestemont, 2008; Watson, 2008)

Dle statistik FAO (2017a,b) bylo na území Evropy v roce 2014 celkem vyprodukováno 28 408 tun okouna říčního, z čehož 27 933 tun (FAO, 2017a) pocházelo z odlovu volně žijících okounů z řek a jezer, a to především v Rusku (11 587 tun), Finsku (7 896 tun) a Švédsku (3 354 tun). Zajímavým údajem je meziroční nárůst produkce z volných vod ve Švédsku mezi lety 2012 a 2013, kdy v roce 2012 tato produkce činila 176 tun a v roce 2013 následně 3 310 tun, což znamená nárůst o 1 781 % (FAO, 2017a). V roce 2014 bylo v Evropě chovem v technických akvakulturách vyprodukováno 475 tun okouna říčního, což z celkové produkce činí pouhých 1,7 % (FAO, 2017b). V tomto případě patřily mezi hlavní producenty Rusko (233 tun) a Švýcarsko (165 tun). V České republice bylo v roce 2014 v akvakulturách vyprodukováno 17 tun okouna říčního (FAO, 2017b). I přes nízké zastoupení technické akvakultury v produkci tržních ryb oproti produkci odlovem z volných vod, lze pozorovat poměrně významný nárůst tohoto způsobu chovu okouna v posledních dvou dekádách, tento nárůst je znázorněn na grafu č. 1.



Graf č. 1. Produkce okouna říčního v evropských akvakulturách (FAO, 2017b).

Největší zájem, a tedy i spotřeba tržních okounů je v Evropě vázána na oblast alpského regionu, kde jsou zejména filety považovány za delikatesu. Mezi nejvýznamnější spotřebitele filet patří Švýcarsko (6 000 tun ročně) či Německo (2 000 tun ročně), dále pak Francie či Rakousko. Trh s masem okouna říčního lze tedy charakterizovat jako lokální, vázaný na zmiňované země, zde je trh ovšem klasifikován jako podhodnocený a poptávka stále výrazně převyšuje nabídku (Tamazouzt a kol., 1993; Watson, 2008).

Společně s nedostatkem tržních ryb dodávaných na trh, je zde ještě několik dalších problémů, které mají, nebo v blízké budoucnosti budou mít vliv na rostoucí význam intenzivní technické akvakultury v produkci okouna říčního. Jedním z nich je nevyrovnanost odlovů v průběhu ročních období, což má za následek kolísavou kvalitu na trh dodávaných finálních produktů (filet). Filety jsou na trh dodávány v zamrazeném stavu, což představuje zhoršení kvality oproti filetům čerstvým. Dalším významným problémem je v posledních desetiletích klesající produkce okouna říčního odlovem z volných vod (Kestemont a Mélar, 2000; Policar a kol., 2009; Watson, 2008).

Pro uspokojení poptávky co do množství dodávaných tržních ryb a zároveň k celoroční vyrovnanosti kvality finálních produktů, se stále větší úsilí věnuje zdokonalování metod chovu okouna říčního v intenzivních akvakulturách a zakládání chovů nových (Policar a kol., 2009). V současnosti je okoun říční intenzivně chován zejména na farmách v západní Evropě. Například ve Švýcarsku vzrostla jeho produkce

mezi lety 2012 a 2013 o 230 % na 165 tun za rok (FAO, 2017b). Dalšími zeměmi s rozvinutou intenzivní produkcí jsou například Francie, Irsko, Dánsko či Švédsko. V České republice je okoun říční chován například v recirkulačním systému firmy Anapartners s.r.o v Praze v Horních Počernicích, kde probíhala část experimentů v rámci této práce.

2.10 Chov okouna říčního

2.10.1 Extenzivní chov

Na Evropském kontinentu jsou na trh nejčastěji dodávány ryby o hmotnosti okolo 100 gramů, což v podmínkách mírného klimatického pásma, při extenzivním chovu v rybnících, znamená produkční interval trvající více než 800 dní. Tato dlouhá doba a zároveň nevyrovnanost produkce, která je většinou založena na přirozeném výtěru, nepřináší dlouhodobou finanční rentabilitu takového chovu, proto je samostatný extenzivní chov okouna říčního okrajovou záležitostí a je spíše chován jako doplňkový druh v polykulturních obsádkách, nejčastěji společně s kaprem obecným (Policar a kol., 2009). V takovéto polykultuře má okoun říční svůj význam zejména jako predátor hospodářsky málo významných druhů ryb, jakými jsou například plotice obecná (*Rutilus rutilus*) či střevlička východní (*Pseudorasbora parva*). Potlačení výskytu těchto druhů v rybnících se zvyšuje produkce kapra obecného a zároveň je jejich biomasa převedena do přírůstku na trhu ceněného okouna říčního (Adámek a kol., 2010; Policar a kol., 2014). Tímto, nejčastěji 3 až 4 roky trvajícím produkčním cyklem bylo v České republice v posledních letech každoročně vyprodukováno více než 20 tun okouna říčního o kusové hmotnosti v rozmezí 150 – 300 gramů. Tito tržní okouni jsou z České republiky nejčastěji exportováni do Německa, Rakouska, Švýcarska či Francie (Policar a kol., 2014).

2.10.2 Intenzivní chov

Pro dosažení maximální ekonomické rentability chovu je třeba dosáhnout co nejrychlejšího růstu ryb, čehož lze docílit pouze zajištěním optimálních podmínek k chovu. Metodou, jak takovéto podmínky zajistit, je intenzivní chov okouna říčního v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS). Z fyzikálně chemických vlastností

vody je pro dosažení nejrychlejšího růstu klíčová teplota, v případě okouna říčního je optimem 23 °C, teplota vyšší se na rychlosti růstu již nijak neprojeví (Mélard a kol., 1996). Zdrojem oteplené vody může být například odpadní voda z technologických procesů používaná k ochlazení strojů, hluboké geotermální vrty či přímé oteplování vody pomocí pevných paliv nebo elektrického proudu (Kouřil a kol., 2008).

Dalším důležitým faktorem je nasycení vody kyslíkem, které by při zmiňované teplotě nemělo poklesnout pod 60 %, což představuje přibližně koncentraci 5 mg O₂.l⁻¹. Hodnota pH by se měla pohybovat v rozmezí 6 – 7,5. Při dodržení těchto základních podmínek, lze okouna říčního chovat při biomase 60 kg.m⁻³ a zkrátit produkční cyklus tržních ryb (100 – 150 gramů) oproti extenzivnímu chovu na 12 – 14 měsíců. Mezi další výhody intenzivního chovu v RAS patří možnost umělého výtěru ryb mimo přirozené výtěrové období a s tím spojené zajištění dostatečného množství plůdku a jeho kontrolovaný odchov (Rougeot a kol., 2008).

2.11 Umělá reprodukce okouna říčního

2.11.1 Generační ryby

Úspěšnému intenzivnímu chovu okouna říčního předchází zajištění dostatečného množství kvalitního genetického materiálu v podobě dobře vyživovaných, zdravých a pohlavně zralých generačních ryb. Lze použít generační ryby z extenzivního či polointenzivního rybničního chovu, kde nejsou prováděny speciální chovatelské zásahy a ryby se živí přirozenou potravou. Tyto ryby vykazují přítomnost kvalitních pohlavních produktů s následnou vysokou oplozeností jiker a líhivostí embryí. Nevýhodou takto chovaných generačních ryb je zejména sezónnost výtěru, možnost nežádoucího předčasného spontánního výtěru a při využití umělé metody výtěru také vysoká mortalita generačních ryb. Bylo zjištěno, že 90 dní po provedení umělého či hormonálně stimulovaného poloumělého výtěru nedomestikovaných generačních ryb, může mortalita u jikernaček dosáhnout až 99 % a u mlíčáků 92 % (Fontaine a kol., 2008; Kouřil a kol., 2011; Policar a kol., 2008a; Policar a kol., 2009; Policar a kol., 2011).

Další metodou chovu generačních ryb, je chov domestikovaných ryb v kontrolovaných podmínkách recirkulačních systémů. Tento způsob umožňuje pomocí

manipulace s teplotou vody, světelným režimem, výživou a mnohými dalšími parametry kontrolovat a časovat období výtěru a tím zajistit i mimosezónní produkci plůdku okouna říčního. Veškeré parametry chovu musí být nastaveny tak, aby byly ryby ve výtěrovém období v optimální kondici a měly dokončenou spermatogenezi a oogenezi. Důležitým faktorem je výživa generačních ryb, Policar a kol. (2011) doporučují využívat speciální umělé krmné směsi s důrazem na adekvátní poměr vysoce nenasycených mastných kyselin (HUFA), zejména na poměr kyseliny dokosaheptaenové (DHA), kyseliny eikosapentaenové (EPA) a arachidonové (ARA). Optimální krmivo pro chov generačních ryb okouna říčního v RAS by mělo obsahovat poměr těchto kyselin 2 : 1 : 1 (DHA : EPA : ARA) (Fontaine a kol., 2008).

Kouřil a kol. (2001) doporučují k samotnému výtěru vybrat mlíčáky a jikernačky v poměru 2 : 1, pro předejetí případnému problému s nedostatkem kvalitního spermatu. Pro odběr spermatu se osvědčilo využívat menších mlíčáků (maximální hmotnost 100 g), tyto ryby produkují relativně větší množství spermatu vzhledem k jejich hmotnosti nežli mlíčáci větší (Kucharczyk a kol., 1996). Sperma by mělo být smetanově bílé bez příměsí krve, aby nedošlo k předčasné aktivaci spermií a tím ke snížení oplozenosti jiker. Optimální hmotnost jikernaček je kolem 200 gramů, minimální hmotnost generačních ryb, které lze použít k výtěru je u obou pohlaví v rozmezí 30 – 50 g (Policar a kol., 2008b).

Generační jedinci okouna říčního jsou velmi citliví na zacházení, při provádění umělého či poloumělého výtěru je tedy nutno postupovat velmi šetrně, aby nedocházelo ke zvyšování stresu a k mechanickému poškození. Pro eliminaci těchto nepříznivých faktorů je doporučeno přistoupit k využití anestetik během manipulace s generačními rybami. Mezi vhodná a dostupná anestetika patří hřebíčkový olej, použitý v koncentraci 0,03 ml.l⁻¹ po dobu 2 – 4 minut při teplotě vody 12 – 15 °C (Hamáčková a kol., 2001). Dalšími anestetiky, která lze využít, jsou 2-phenoxyethanol, Propiscin či MS-222, z výsledků testu provedeným Veliškem a kol. (2009) je patrné, že nejšetrnějším anestetikem je pro generační ryby okouna říčního Propiscin v dávce 1 ml.l⁻¹. Velmi důležité jsou také fyzikálně – chemické vlastnosti vody, které je nutné po celou dobu výtěru pečlivě kontrolovat. Optimální teplota vody během výtěru je v rozmezí 14 – 18 °C, zásadním faktorem pro dobrou kondici a přežití generačních ryb je nasycení vody kyslíkem, které by nemělo klesnout pod 70 % (Kouřil a kol., 2002; Policar a kol., 2009).

2.11.2 Hormonálně stimulovaný výtěr

Hormonální stimulace generačních ryb je využíváno v případě umělého a poloumělého výtěru okouna říčního, ke kontrole, synchronizaci či případnému ovlivnění termínu výtěru během přirozeného reprodukčního období (březen - květen). V případě okouna říčního se přistupuje pouze k hormonálnímu ošetření jikernaček, jelikož mlíčáci obvykle produkují dostatečné množství kvalitního spermatu i bez hormonální stimulace. Hormon je jikernačkám do těla vpraven intramuskulární injekcí do hřbetní části těla (Kouřil a Hamáčková, 1999; Policar a kol., 2009; Rougeot a kol., 2008).

Z mnoha různých přípravků, jakými jsou například kapří hypofýza, choriogonadotropin či komerčně dodávané přípravky obsahující syntetické analogy (Kucharczyk a kol., 1996), které lze využít k hormonální stimulaci jikernaček okouna říčního doporučuje Policar a kol. (2009) použít jednorázovou aplikaci přípravku Supergestran. Tento přípravek je dodáván v roztoku s obsahem účinné látky $25 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, proto ho není třeba před podáním nikterak ředit. Supergestran byl mnohokrát experimentálně či poloprovozně otestován, doporučená optimální dávka účinné látky pro jikernačku okouna říčního při teplotě vody $15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ je $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Kouřil a Hamáčková, 1999; Kouřil a kol., 2001; Policar a kol., 2008b). Doba, která uplyne od podání hormonu k samotné ovulaci jikernaček je závislá na teplotě vody, obecně lze říci, že se stoupající teplotou klesá doba latence, při teplotě vody $14 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází k ovulaci přibližně za 4 a půl dne (Policar a kol., 2008a). Rozdíl v nástupu ovulace je i mezi umělým a poloumělým výtěrem, kdy u poloumělého výtěru nastupuje ovulace zpravidla o 10 – 58 hodin později nežli u výtěru umělého (Kouřil a Linhart, 1997).

2.11.3 Umělý výtěr

Umělému výtěru generačních ryb okouna říčního předchází jejich výběr. Vybrané jikernačky a mlíčáky držíme odděleně v nádržích při hustotě obsádky 40 – 60 $\text{ks}\cdot\text{m}^{-3}$ vody s teplotou v rozmezí $12 - 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Ryby držíme odděleně, abychom předešli nežádoucímu spontánnímu výtěru. Následně přejdeme k hormonální stimulaci jikernaček, která je popsána v předchozím textu. Poté ponecháme jikernačky v klidu a zkontrolujeme za 24 hodin jejich genitální papily a zda již některá z nich neuvolňuje jikry. Interval kontrol zkrátíme na 4 – 6 hodin, až do doby uvolnění jiker první

jikernačky, následně kontroly provádíme častěji a postupně vytíráme k výtěru již připravené ryby (Policar a kol., 2009; Policar a kol., 2011; Rougeot a kol., 2008).

Pokud zjistíme, že kontrolovaná jikernačka uvolňuje jikry, vyjmeme ji z nádrže a použijeme anestetika (viz. 2.11.1) ke snadnější manipulaci s rybou a snížení rizika jejího poškození. Zklidněnou rybu zabalíme do vlhkého hadru, následně osušíme břišní partie, zejména v okolí genitální papily. Takto připravenou rybu vytíráme do předem nachystané suché misky postupným stlačováním břišních partií. Policar a kol. (2009) doporučuje využití masážních stisků či postupné vytahování jikerných provazců, tyto způsoby jsou pro ryby méně traumatizující. Do jedné misky lze vytřít i několik jikernaček, poté misku překryjeme čistým vlhkým hadrem a umístíme do chladného a stinného místa, takto lze jikry krátkodobě uchovat zhruba do jedné hodiny od výtěru (Policar a kol., 2009; Policar a kol., 2011).

Sperma lze získat z pohlavně zralých mlíčáků, obvykle jednoduše masáží břišních partií. Je možno sperma vytírat přímo do misky s předem vytřenými jikrami, pro lepší kontrolu objemu a kvality spermatu je však doporučeno jej odebírat nejprve do injekční stříkačky. Takto odebrané sperma, které není kontaminováno močí či krví, lze uchovat až 12 hodin při teplotě 2 – 4 °C a následně ho úspěšně využít k oplození jiker (Policar a kol., 2008b; Policar a kol., 2009).

Po úspěšném získání obou pohlavních produktů je možno přejít k samotnému oplodnění jiker. Do misky s jikrami přidáme sperma v dávce přibližně 2 ml spermatu na 100 gramů jiker (Craig, 2000). Pro vyšší oplozenost se také doporučuje využít na jednu snůšku jiker sperma od více mlíčáků (Kucharczyk a kol., 1996). Poté jikry se spermatem promícháme a přilijeme čistou vodu z líhně, tímto aktivujeme proces oplození, který trvá 30 – 60 vteřin. Po přibližně třech minutách již oplozené jikry propláchneme čistou vodou a takto ošetřené je můžeme nasadit k inkubaci (Policar a kol., 2008b; Policar a kol., 2009).

2.11.4 Poloumělý výtěr

Při poloumělém výtěru jsou hormonálně ošetřené jikernačky nasazeny do nádrže s hormonálně neošetřenými mlíčáky v poměru 1:1, hustota obsádky je doporučena 20 – 30 párů na 1 m³ (Policar a kol., 2009), dle Kouřila a kol. (2001) je možno nasadit i 50 párů na 1 m³. Pro zlepšení podmínek k výtěru ryb je doporučeno do nádrží přidat suché

větve měkkých dřevin jako je například vrba jíva (*Salix caprea*) či bez černý (*Sambucus nigra*), tyto větve okounům slouží jako výtěrový substrát a zároveň i jako úkryt (Policar a kol., 2011). U tohoto typu výtěru není nutná častá kontrola, čímž omezíme stres ryb na minimum, po vytření první jikernačky nádrže kontrolujeme v intervalu 6 – 8 hodin a odebíráme oplozené jikerné provazce a následně umístíme k inkubaci (Policar a kol., 2009).

2.11.5 Inkubace jiker

Způsobů, jakými lze úspěšně inkubovat oplozené jikry okouna říčního je hned několik, detailním popsáním a testem těchto způsobů se zabýval Policar a kol. (2014). Nejlepších výsledků bylo dosaženo při inkubaci jiker v líhňářských aparátech Dněpr (líhňivost larev 50 – 65 %), v Zugských lahvích (líhňivost larev až 70 %) či metodou inkubace v plovoucích košíčcích umístěných v nádržích recirkulačních systémů (líhňivost larev 50 – 60 %). Mezi další testované metody patřila inkubace jiker v odchovných nádržích s generačními rybami po jejich výtěru a inkubace jiker v neprůtočných vaničkách či akváriích. U těchto metod však líhňivost larev dosahovala maximálně 45 % a riziko ztráty všech inkubovaných jiker zde bylo mnohem vyšší, tudíž nejsou tyto metody vhodné pro uplatnění v komerčních rybářských chovech (Policar a kol., 2014).

Parametrem, který má na dobu inkubace a líhňivost larev největší vliv, je teplota vody. Jikry lze inkubovat v teplotním rozmezí 10 – 18 °C, největší líhňivosti bývá dosaženo při teplotě v rozmezí 13 – 18 °C a takto inkubované larvy vykazují i největší kvalitu a následné přežití (88 – 92 %) po přemístění k samotnému odchovu (Policar a kol., 2014). Délka inkubace je při zmiňovaných teplotách rozdílná a pohybuje se v rozmezí 80 – 160 denních stupňů (Kouřil a kol., 2001; Policar a kol., 2008b). Zajímavým úkazem u vylíhnutých larev okouna říčního jsou takzvané „padající larvy“, které jsou po vylíhnutí nejmenší a mají různě deformovaný žloutkový váček. Tyto larvy nejsou schopny naplnit plynový měchýř, neplavou a po několika dnech hynou. Nejvyšší výskyt (53 %) těchto larev byl pozorován při inkubaci při teplotě 10,5 °C, naopak nejnižší (15 %) při teplotě 15,5 °C (Policar a kol., 2014).

Po celou dobu inkubace je nutné ze systému odstraňovat neoplozené či nějakým způsobem deformované jikry či celé jikerné provazce, aby nedošlo k hromadění

nežádoucích látek z odumírajících jiker nebo k zaplísnění jiker oplozených. Pokud jsou jikry inkubované méně průtočnou či statickou metodou, je nutné je v období líhnutí mechanicky uvolňovat z jikerných provazců, jinak může dojít k jejich úhynu. Způsobů, jak jikry uvolňovat je několik, například zvýšením průtoku vody, vzduchováním či jemným třepáním nebo promícháváním, tento zásah je doporučeno provádět ve stádiu očních bodů s pigmentovaným okem a s melanofory na ocasním násadci. Při inkubaci v líhňářských aparátech Dněpr či v Zugských lahvích k tomuto problému nedochází z důvodu dostatečného vertikálního proudění vody. Čerstvě vylíhnuté larvy je doporučeno přemísťovat či jemně přepouštět z inkubačních zařízení do odchovných kolíbek (Policar a kol., 2014).

2.12 Odchov raných stádií

Pro úspěšnou intenzivní produkci okouna říčního je klíčový zisk kvalitních násadových ryb, s čímž je spojen odchov plůdku a zejména přechod juvenilních ryb z přirozené výživy na umělá krmiva. V současné době je využíváno metody extenzivního odchovu plůdku v rybnících, nejčastěji do stádia rychleného plůdku, tato metoda je vhodná pro podmínky České republiky díky bohatému rybničnímu fondu (Policar a kol., 2011). Další využívanou metodou je polointenzivní metoda odchovu ve velkých a mělkých zemních betonových nádržích takzvaných mezocosm systémech. Poslední metodou je intenzivní odchov ve zcela kontrolovaných podmínkách recirkulačních systémů (Kestemont a kol., 2008).

2.12.1 Extenzivní odchov

Pro extenzivní odchov larválních a juvenilních stádií okouna říčního je doporučeno využívat menších, nepřiliš průtočných rybníků s menšími nánosy sedimentů, členitými břehy a rozvinutou litorální linií. Tyto rybníky je vhodné před nasazením zimovat, desinfikovat a následně napouštět 7 – 15 dní předem (Kestemont a kol., 2008). Tímto managementem zajistíme, aby nedošlo k rozvoji parazitů, predátorů a nevhodného složení zooplanktonu. Pro rozvoj ideální potravy (naupliová a kopepodiová stádia buchanek) k přechodu larválních stádií na exogenní výživu, je vhodné přistoupit k hnojení kompostem či chlévskou mrvou v dávce 400 – 600 kg.ha⁻¹ (Policar a kol., 2009). Takto připravené rybníky jsou zpravidla nasazeny oplozenými jikernými

provazci, oplozenými jikernými provazci ve stádiu očních bodů či vykulenými larvami se žlutkovým váčkem v množství 120 000 – 300 000 kusů na hektar vodní plochy (Kestemont a kol., 2008; Policar a kol., 2009). Při produkci rychleného plůdku jsou rybníky loveny přibližně 1,5 až 2 měsíce od nasazení, kdy jsou loveny ryby v délce 35 – 45 mm (Policar a kol., 2009). Lze také přistoupit k chovu po celou dobu vegetační sezóny, kdy jsou na podzim loveny ryby ve stádiu 0+ s délkou těla 90 – 100 mm, problémem při této metodě je velikostní nevyrovnanost lovených jedinců, v tomto období již začíná přechod na piscivorní způsob obživy a s úbytkem zooplanktonu dochází k rapidnímu nárůstu kanibalismu (Beeck a kol., 2002; Bláha a kol., 2006; Kestemont a kol., 2008). Možností jak tyto dopady omezit je přisadit v období června potravní rybu, osvědčila se například střevlička východní (*Pseudorasbora parva*) nasazena v hustotě 40 kg.ha⁻¹ (Bláha, 2006).

Pro adaptaci extenzivně chovaného juvenila okouna říčního na podmínky intenzivního chovu a na příjem umělé stravy je doporučeno využít plastových nádrží s hloubkou přibližně 50 cm napojených na recirkulační systém (Policar a kol., 2009). Taktéž se osvědčila aplikace NaCl v dávce 0,3 – 3 g.l⁻¹ pro snížení rizika rozvoje mykotických onemocnění. K úspěšnému přechodu na umělá krmiva je doporučeno využití takzvaného polovlhkého krmiva v počátku odchovu (Policar a kol., 2009). To je připraveno rozemletím granulí, které budou používány v následné fázi chovu a jejich zvlhčením pomocí vody, tímto postupem lze dosáhnout vhodné velikosti a konzistence umělého krmiva (Stejskal a kol., 2007). Zároveň lze do směsi přidat pojivo či atraktant v podobě bramborového škrobu, rybího masa, směsi zooplanktonu, vaječného žloutku nebo larev pakomárů (Ljunggren a kol., 2003; Molnár a kol., 2004). Délka aplikace polovlhké směsi se pohybuje v rozmezí 5 – 10 dnů, tímto způsobem adaptace rychleného plůdku na intenzivní podmínky chovu lze dosáhnout až 90 % přežití po 18 dnech od počátku odchovu (Stejskal a Kouřil, 2006).

2.12.2 Polointenzivní odchov

Při polointenzivním odchovu plůdku okouna říčního v mezocosm systému je využíváno nádrží o ploše 10 m² s hloubkou 50 cm, které jsou týden před osazením jikrami ve stádiu očních bodů hnojeny 1,5 kilogramem granulovaného drůbežního trusu pro optimální rozvoj potravy (nálevníků a vírníků). Poté jsou nádrže osazeny v počtu

4000 ks.m⁻² a teplota vody je upravena přibližně na 17 °C. První tři dny od vylíhnutí přijímají ryby přirozenou potravu, následně je nádrž z 80 % zastíněna fólií, je zaveden průtok vody a do nezastíněné části nádrže jsou po dobu 20 dnů v intervalu 5x za den aplikovaná nauplia artémií. Po uplynutí jednoho týdne od vylíhnutí počne i krmení startérovou směsí, jejíž poměr vůči artémiím se postupně zvyšuje až do 21. dne odchovu, kdy je již zkrmována pouze startérová směs. Po 44 dnech odchovu jsou loveni jedinci o hmotnosti 0,2 – 0,3 g adaptovaní na příjem umělé krmné směsi, celkové přežití se pohybuje v rozmezí 30 – 40 % a výskyt kanibalů je přibližně 2 % (Kestemont a kol., 2008; Policar a kol., 2009).

2.12.3 Intenzivní odchov

Metoda intenzivního odchovu plůdku v kontrolovaných podmínkách recirkulačních systémů je výhodná zejména z důvodu kompletní kontroly nad chovem (kontrola kanibalismu, lepší predikce produkce) či z důvodu možnosti mimosezónních výtěrů a odchovů. Na druhou stranu je to metoda náročná na vybavení, provozní náklady a kvalifikovanou pracovní sílu a současně s sebou nese i celou řadu problémů (Kestemont a kol., 2008; Policar a kol., 2009). Jedním z nich je význam živé potravy v prvních 30 dnech života pro zahájení správného vývoje a růstu organismu (Kestemont a kol., 2003). Tento fakt je problémem v intenzivním chovu zejména proto, že larvální stádium okouna říčního disponuje velmi malými ústy (Baruš a kol., 1995), je tedy komplikované zajistit dostatečné množství vhodné potravy. Pro tento účel nejčastěji využívaná naupliová stádia artémií je schopno pozřít přibližně pouze 60 – 70 % jedinců přecházejících na exogenní výživu (Policar a kol., 2009). Dalším problémem je naplnění plynového měchýře vzduchem do 14. dne od vylíhnutí (v této době se uzavírá spojení mezi plynovým měchýřem a jícnem a pozdější naplnění již není možné), s čímž mají larvální stádia potíže v intenzivních chovech pravděpodobně z důvodu vyššího povrchového napětí na hladině a nejsou schopny vytvořenou povrchovou blanku prorazit a měchýř si naplnit (Jacquemond, 2004; Policar a kol., 2009). Pro jedince s nenaplněným plynovým měchýřem je plavání energeticky náročné, objevují se retardace růstu a různé malformace tělesné stavby (Jacquemond, 2004). Významným problémem je také raný kanibalismus, který již od 10. – 15. dne může způsobit ztráty až

40 % (Mélard a kol., 1995), tomu lze předejít tříděním obsádek ve 14 – 28 denních intervalech (Policar a kol., 2009).

K intenzivnímu odchovu raných stádií okouna říčního jsou využívány válcovité či krychlové nádrže s kónickým zúžením, vyrobené z plastu nebo sklolaminátu, které jsou napojeny na recirkulační systém. Nádrže by měly mít objem nejméně 300 litrů, jelikož v menších nádržích mají larvy tendence lepit se na stěny a následně vykazují špatný příjem potravy (Kestemont a kol., 2008). Zároveň je doporučeno využívat nádrže s tmavou barvou stěn, v kterých larvy snáze detekují potravu (Tamazout a kol., 2000). Nádrže jsou nasazeny vylíhnutými larvami v hustotě 20 – 50 ks.l⁻¹, ideální teplota vody je v počáteční fázi odchovu 17 °C, při optimální teplotě pro růst (23 °C) dochází k výraznému rozvoji kanibalismu a tedy i k velkým ztrátám (Policar a kol., 2009). Osvětlení nádrží je doporučeno v režimu 16 hodin světla a 8 hodin tmy se světelnou intenzitou v rozmezí 90 – 400 luxů (Kestemont a kol., 2008). Krmení v prvních 25 dnech téměř kopíruje schéma z polointenzivního odchovu (viz. 2.12.2), s tím rozdílem, že nejmenší stádia artémie jsou zkrmována již od 1. dne po vykulení. Velikost krmných částic startérového krmiva by neměla přesáhnout 200 μm (Policar a kol., 2009), obsah proteinů by se měl pohybovat v rozmezí 37 – 43 % a obsah tuků v rozmezí 12 – 18 % (Fiogbé a kol., 1996). Krmivo by mělo být aplikováno na celou plochu nádrže, aby došlo k jeho rovnoměrnému využití (Kestemont a kol., 2008).

Těmito metodami odchovaná raná stádia okouna říčního jsou následně nasazena do recirkulačních systémů a přibližně za 12 – 14 měsíců je produkována tržní ryba o kusové hmotnosti v rozmezí 100 – 150g (Policar a kol., 2009). V současné době je věnováno velké úsilí zefektivňování produkce tržních ryb v technických akvakulturách. Jednou z nejjednodušších metod pro zvýšení produkce je domestikace ryb, kdy v generaci F1 bylo pozorováno zrychlení růstu o 33 %, u generace F2 do konce o 72 % oproti rybám nedomestikovaným (Rougeot a kol., 2007). Další možností je založení monosexní populace, jelikož samice vykazují vyšší růst nežli samci, a následné potlačení rozvoje gonád pomocí genomových manipulací ve fázi oplozování jiker při provádění umělého výtěru (Beardmore a kol., 2001).

2.13 Krmivo a krmné dávky v intenzivních chovech

I přesto, že zájem o chov okouna říčního v recirkulačních systémech stále stoupá, neexistuje v současné době umělé krmivo, které by bylo vyrobené přímo pro účely chovu okouna říčního v umělých podmínkách tak, aby plně vyhovovalo jeho nutričním požadavkům (Policar, osobní sdělení). Jak vyplývá z předchozího textu, okoun říční je karnivorním druhem, tudíž je z nutričního hlediska náročný zejména na dostatečný obsah kvalitních proteinů (36 – 56 % v závislosti na věku ryby) a tuků (12 – 18 % v závislosti na věku ryby) v krmivu, s vyváženým množstvím a poměrem aminokyselin a mastných kyselin (Fiogbé a kol., 1996; Policar a kol., 2009). V současnosti je v umělých chovech okouna říčního nejčastěji využíváno krmiv pro salmonidy, Policar a kol., (2009) doporučuje konkrétně krmiva od firmy BIOMAR s názvem Bio – Optimal či Ecolife nebo krmiva od firmy DANA FEED s názvem DAN – EX. Tato krmiva jsou bohatá na obsah tuků, což má pozitivní vliv na růst ryb a využití krmiva a proteinů v něm obsažených, ale zároveň to vede k nadměrnému ukládání tuků v játrech, což může negativně narušit jejich funkci (Kestemont a kol., 2001; Xu a kol., 2001). Tento negativní dopad vyššího obsahu tuků v krmivu lze snížit použitím antioxidantu ethoxyquinu, tento postup je důležitý zejména v odchovu larválních a juvenilních jedinců (Kestemont a kol., 2001). U těchto raných stádií je pro správný vývoj také velice důležitý vyšší obsah mastných kyselin, zejména kyseliny dokosaheptaenové a kyseliny eikosapentaenové, a dále také obsah vitamínu C pro prevenci výskytu různých malformací (Policar a kol., 2009).

Co se týče dávkování krmiva, je nezbytné, aby bylo krmivo rozprostíráno na co největší plochu nádrže, pro zajištění jeho rovnoměrného využití chovanými rybami. Toho lze docílit například použitím pneumatických krmítek a následného ručního dokrmování v závislosti na reakci ryb na krmivo (Policar a kol., 2009). Optimální denní krmné dávky jsou závislé na kusové hmotnosti odchovávaných ryb. Na toto téma provedli experiment Fiogbé a Kestemont (2003). Z experimentu vyplynulo, že optimální denní krmné dávky se snižovaly (7,4 % → 5,1 % → 4,5 % → 2,2 % z hmotnosti biomasy) se zvyšující se průměrnou hmotností ryb (0,22 g → 0,73 g → 1,56 g → 18,9 g), nedostatečný přísun krmiva byl nejčastější příčinou úmrtí ryb anebo vytvářel ideální podmínky pro rozvinutí masivního kanibalismu. Při odchovu ryb s hmotností nad 20 g až do tržní velikosti se ideální denní krmná dávka pohybuje

v rozmezí 1 – 2 % z celkové hmotnosti obsádky. Velikost krmných částic je taktéž pochopitelně závislá na velikosti a hmotnosti ryb, Policar a kol. (2009) uvádí jako optimální velikost krmiva 0,8 mm, 1,1 mm, 1,5 mm, 1,9 mm a 3 mm pro ryby o hmotnosti 0,8 – 1 g, 1 – 3 g, 3 – 8 g, 8 – 20 g a nad 20 g.

2.14 Využití hmyzu v krmivech

V následujících desetiletích je očekáván pokračující exponenciální nárůst světové populace, což s sebou zároveň přináší i zvyšování nároků na zdroje, pravděpodobně jedním z nejdůležitějších zdrojů je v tomto ohledu potrava (Moon a Lee, 2015). V souvislosti s tímto faktem lze očekávat nárůst chovu hospodářských zvířat a zvyšování spotřeby ryb, jakožto nejhodnotnějšího zdroje bílkovin v lidské stravě (van Huis a kol., 2013). Jelikož je produkce ryb v akvakultuře nejrychleji rostoucím odvětvím chovu zvířat a bude potřeba tento růst zachovat či dokonce zvýšit pro uspokojení poptávky po rybím mase, bude zároveň stoupat i spotřeba umělých krmiv (van Huis a kol., 2013). Klíčovou složkou umělých krmiv pro ryby jsou proteiny, které v závislosti na druhu a věku ryby tvoří přibližně 20 – 60 % těchto krmiv. Z výživového hlediska musí zdroj těchto proteinů splňovat určité parametry, těmi jsou například adekvátní obsah a poměr aminokyselin, jejich vysoká stravitelnost, popřípadě chutnost při současné absenci antinutričních faktorů (Barrows a kol., 2008). V současné době jsou nejvyužívanějšími a nejvhodnějšími zdroji proteinů v umělých krmivech pro ryby rybí moučka, rybí olej a sójová moučka (Barroso a kol., 2013).

Rybí moučka je z nutričního pohledu nejvhodnějším zdrojem proteinů v uměle vyráběných krmivech pro ryby, a zároveň z důvodu zákonných restrikcí ve využívání jiných masových mouček jakožto krmiv, i zdrojem nejvyužívanějším (Barroso a kol., 2013). Významným problémem je limitované množství dostupné rybí moučky, které v kombinaci s rostoucí poptávkou vede ke zvyšování její ceny (Moon a Lee, 2015). Hlavním zdrojem rybí moučky a rybích olejů jsou ryby odlovené ve volných vodách, kdy dle FAO (2012) bylo v posledním desetiletí přibližně 10 % z celosvětové produkce volně lovených ryb využito na výrobu rybí moučky, nejvýznamnějším producentem je v tomto ohledu Jižní Amerika (van Huis a kol., 2013). V souvislosti s drancováním rybích populací ve světových oceánech a stále přísnějšími kvótami na odlov ryb z volných vod stoupá i jejich cena, lze tedy předpokládat, že cena rybí moučky a rybích

olejů bude také nadále stoupat. Pro ilustraci, cena za jednu tunu rybí moučky v roce 2005 byla 600 \$, v roce 2010 již 2000 \$ (Barroso a kol., 2013).

Možným alternativním zdrojem proteinů pro akvakulturní krmiva jsou různé rostlinné proteiny, které jsou v různé míře již do krmiv zařazovány. Nejrozšířenější je použití sójové moučky, která se vyznačuje vysokou stravitelností, kvalitou a množstvím obsažených proteinů, současně i nejvhodnějším složením aminokyselin co se týče rostlinných zdrojů proteinů. Na druhou stranu, využití rostlinných zdrojů s sebou přináší i několik negativ. Jedním z nich je nevyvážený poměr esenciálních a neesenciálních aminokyselin. U sóji, přestože je zde tento poměr nejvhodnější, je to konkrétně nedostatek lyzinu a methioninu (Hardy, 2003). Dalšími nevýhodami jsou nižší chutnost a vysoký obsah vlákniny oproti živočišným zdrojům a přítomnost antinutričních látek, jako jsou například glukosinoláty (Barroso a kol., 2013; Burel a kol., 2000). To s sebou přináší nutnost přímého doplňování aminokyselin do krmiv či přidání proteinů s ideálním složením, například v podobě rybí moučky (Webster a kol., 1995). Zvyšování objemu pěstování sójových bobů s sebou nese i enviromentální problémy, jako je odlesňování území s velkou biologickou hodnotou (Osava, 1999), vysoká spotřeba vody na zavlažování (Steinfeld a kol., 2006) či roustoucí využití pesticidů a umělých hnojiv a následné zatížení životního prostředí těmito látkami (Carvalho, 1999).

Pokud vezmeme v potaz veškerá negativa současných hlavních zdrojů proteinů v umělých rybích krmivech je jasné, že je potřeba do budoucna vyhledat úplnou či alespoň částečnou náhradu těchto zdrojů. V tomto ohledu je nyní velká pozornost věnována výzkumu různých druhů hmyzu, jakožto složce potravy různých druhů živočichů.

O využití hmyzu, jakožto náhradě za rybí moučku, masokostní moučku či sójovou moučku v umělých krmivech pro ryby a hospodářská zvířata se začalo uvažovat zejména z toho důvodu, že je přirozenou složkou potravy volně žijících ryb, drůbeže a mnoha jiných živočichů. Dalším důvodem je jeho celosvětové rozšíření a druhová rozmanitost (Barroso a kol., 2013). Nejdůležitějším aspektem pro využití hmyzu ve výrobě krmiv je však jeho nutriční hodnota, která se v mnohém přibližuje, vyrovnává či dokonce převyšuje nutriční hodnotu v současné době nejvíce využívaných zdrojů (Moon a Lee, 2015).

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, v umělé výživě je klíčový obsah proteinů a vhodný a vyvážený obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin. Při

výzkumu rozdílných druhů hmyzu bylo zjištěno, že některé druhy obsahují podobné množství surových proteinů jako rybí moučka (50 – 80 % v sušině). Těmito druhy byl například bourec morušový (*Bombyx mori*) či potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) (Barroso a kol., 2013; Moon a Lee, 2015). Z hlediska obsahu aminokyselin, kde zejména u rostlinných zdrojů proteinů je limitující nízký obsah lyzinu, methioninu a leucinu (Hall, 1992), vykazuje hmyz pozitivní výsledky, kdy například zmiňovaný bourec morušový obsahuje dokonce vyšší hodnoty methioninu než rybí moučka (Barroso a kol., 2013). Naopak u lyzinu i přes jeho poměrně vysoký obsah u zkoumaných druhů, nepřevyšovaly tyto hodnoty obsah lyzinu u rybí moučky. Ačkoliv z výzkumů (Lall a Anderson, 2005; Longvah a kol., 2011; Ramos-Elorduy a kol., 1982, 1997, 2006; Wang a kol., 2005; Ying a Long, 2010) obsahu a složení aminokyselin u hmyzu vyplynulo, že žádný z nich nemá podobně vhodné složení aminokyselin jako rybí moučka (pouze bourec morušový vykazoval téměř podobně vhodnou kompozici aminokyselin), je nutno brát v potaz, že na světě existují miliony neprozkoumaných druhů a různých vývojových stádií hmyzu, které by při vhodné kombinaci mohly požadavky na vyvážený obsah aminokyselin splňovat (Barroso a kol., 2013).

Krmiva bohatá na proteiny obsahují i určité množství lipidů a nejinak je tomu i u hmyzu. U lipidů je z výživového hlediska podstatné, z jakých mastných kyselin jsou složeny a zároveň v jakém množství a poměrech jsou tyto mastné kyseliny v lipidech zastoupeny. Konečný obsah a složení lipidů v chovaných zvířatech odráží obsah lipidů v podávané stravě, což má významný vliv na kvalitativní a zdravotní vlastnosti finálních produktů chovu, zejména svaloviny (Barroso a kol., 2013). Rybí moučka je bohatá na vysoce nenasycené mastné kyseliny, zejména EPA (kyselina eikosapentaenová – C20:5n-3) a DHA (kyselina dokosaheptaenová – C22:6n-3), které jsou nezbytné pro správný průběh biologických procesů u obratlovců. Na rozdíl od vodních druhů hmyzu, které jsou považovány za dostatečný zdroj EPA pro sladkovodní druhy ryb, většina suchozemského hmyzu neobsahuje tuto kyselinu v dostatečném množství, na což je třeba brát zřetel při využití hmyzí moučky v krmivech (Sushchik a kol., 2003). Kyselina dokosaheptaenová je obsažena pouze v malém množství a jen u několika málo skupin hmyzu například u rodu *Notonecta* (znakoplavky) či *Ephemeroptera* (jepice) (Bell a kol., 1994). Existuje rovněž možnost modifikovat složení a obsah lipidů v hmyzu během jeho umělého odchovu volbou vhodného krmiva, či následnou úpravou v

průběhu jeho zpracování na finální hmyzí moučku (Barroso a kol., 2013; St.-Hilaire a kol., 2007a).

Dalším sledovaným faktorem při využití krmiv je jeho stravitelnost a stravitelnost proteinů v něm obsažených. V tomto ohledu je klíčovou složkou těl hmyzu polysacharid chitin, který se vyskytuje v hmyzím exoskeletonu a je nestravitelný pro monogastriká zvířata (prasata, drůbež), tím u nich snižuje i využití přijímaných proteinů (Barroso a kol., 2013; Lindsay a kol., 1984). Vliv chitinu na schopnost trávení proteinů není u většiny ryb ještě plně znám, nicméně například kranasovci (*Cobia*) přirozeně disponují enzymem chitinázou v trávicím traktu a jsou schopny pomocí tohoto enzymu trávit chitinové schránky různých korýšů. Dalším zaznamenaným vlivem chitinu je zvýšení aktivity vrozeného imunitního systému u mořana zlatého (*Sparus aurata*) (Esteban a kol., 2001) či zvýšení aktivity makrofágů u pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) (Sakai a kol., 1992). Celkově lze prozatím problematiku chitinu shrnout tak, že u ryb prokazatelně nedisponujícími enzymem chitinázou v trávicím traktu, je vysoký obsah chitinu v krmivu nevhodný pro efektivní trávení proteinů v těchto krmivech obsažených (Barroso a kol., 2013; Belluco a kol., 2013). Nicméně jak vyplývá z následujícího textu, nízký obsah chitinu v krmivu může mít i pozitivní vliv na činnost trávicího traktu ryb.

Výzkum ohledně využití hmyzu jakožto náhrady rybí moučky v krmivech pro ryby je i přes zvyšující se zájem o toto téma stále nedostatečný, a tato oblast možné výživy ryb je prozatím ne zcela probádána (Barroso a kol., 2013). Z dosud provedených výzkumů Alegbeleyem a kol. (2012) a Ngem a kol. (2001) na keříčkovci africkém (*Clarias gariepinus*), při kterých bylo využito sarančat (konkrétně druhu *Zonocerus variegatus*) a potěmníků (*Tenebrio molitor*), jakožto náhrady rybí moučky v krmivu, byl vypořádan rozdílný vliv na růstové ukazatele a využití proteinů a tuků, s ohledem na to, jak velké procento rybí moučky bylo nahrazeno moučkou hmyzí. Zvýšení hodnot růstových ukazatelů (konverze krmiva, specifická rychlost růstu či efektivita využití proteinů) u ryb krmených experimentální dietou oproti rybám, které byly krmeny klasickým krmivem, bylo pozorováno při nahrazení 25 % či 20 % rybí moučky hmyzem, naopak při substituci 50 %, 75 % a 100 % rybí moučky byl pozorován pokles těchto ukazatelů, při 100 % substituci byl dokonce pozorován pokles velice výrazný. Dle Spreena a kol. (1984) lze tento pozitivní efekt na růst, při nižších hodnotách substituce rybí moučky, vysvětlit tím, že malý obsah chitinu v krmivu může mít

pozitivní vliv na zvýšení aktivity bifidobakterií obsažených v trávicím traktu a tím zvýšit efektivitu trávení. V současné době tedy lze z důvodu obsahu chitinu, aminokyselin, mastných kyselin a stravitelnosti efektivně nahradit rybí moučku hmyzem v krmivu pro některé druhy ryb na úrovni přibližně 30 %, nicméně výzkumy u dalších druhů ryb, využití jiných druhů hmyzu v různých poměrech mohou přinést i možnost navýšení tohoto procenta (Barroso a kol., 2013).

Hlavním zdrojem hmyzu je v současné době sběr ve volné přírodě, který tvoří až 92 % z celkového množství využívaného hmyzu, naopak umělý odchov hmyzu na farmách je zastoupen pouze 2 %. Takto vysoké procento získaného hmyzu z volné přírody vytváří velký tlak na životní prostředí a pokud se bude i nadále zvyšovat může mít výrazný negativní dopad na ekosystém v lokalitě sběru. Proto je do budoucna nutné věnovat zvýšenou pozornost možnostem umělého odchovu hmyzu na farmách a snížit tím zátěž pro životní prostředí. Bohužel, ne všechny druhy hmyzu lze úspěšně uměle odchovávat. Mezi nejperspektivnější druhy pro masovou produkci faremním odchovem lze zařadit bráněnky (*Hermetia illucens*), larvy mouchy domácí (*Musca domestica*), bource morušového (*Bombyx mori*) či potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), dále pak různé druhy sarančat či termitů, nicméně náklady na jejich odchov jsou výrazně vyšší (Moon a Lee, 2015; Yen, 2015).

2.14.1 Využití krmiva s přídavkem hmyzu u karnivorních druhů ryb

V současné době, s přibývajícím množstvím výzkumů zaměřených na substituci rybí moučky v krmivu ryb různými druhy hmyzu, lze dohledat i více dat o vlivu takovéto substituce na druhy ryb, které v přirozeném prostředí žijí karnivorním způsobem života. Například substituce 25 % rybí moučky v krmivu larvami potemníka moučného, nemělo výrazný negativní vliv na růst mořčáka evropského (*Dicentrarchus labrax*) a mořana zlatého (*Sparus aurata*). Výraznější negativní vliv na růst těchto dvou druhů byl pozorován až při 50% substituci rybí moučky (Gasco a kol., 2014a; Piccolo a kol., 2014). U mořčáka evropského také došlo k významnému snížení obsahu *n*-3 vysoce nenasycených mastných kyselin ve svalovině, při zmiňované 50% substituci (Gasco a kol., 2014a). Experiment s náhradou části rybí moučky moučkou z larev potemníka moučného, byl také proveden na pstruhovi duhovém (*Oncorhynchus mykiss*),

u kterého nebyly pozorovány negativní vlivy na růst až do 50% substituce rybí moučky (Gasco a kol., 2014b).

Další experiment s nahrazením rybí moučky v krmivu pro pstruha duhového provedl St-Hilaire a kol. (2007b). V tomto experimentu bylo využito larev mouchy domácí (*Musca domestica*), nicméně již při 9,2% obsahu těchto larev v krmivu vykazovali pozorovaní jedinci pokles růstu a významný pokles obsahu *n*-3 mastných kyselin ve svalovině oproti jedincům kmeným dietou kontrolní. K pozitivním výsledkům, při 5% substituci rybí moučky kuklami bource morušového, dospěl Akiyama a kol. (1984) při experimentu s lososem keta (*Oncorhynchus keta*), kdy nezaznamenal negativní ovlivnění růstu se současným zlepšením konverze podávaného krmiva.

2.15 Druhy hmyzu použité k výrobě experimentálního krmiva

2.15.1 Potemník peruánský (*Zophobas morio*)

Potemník peruánský je druh hmyzu z řádu brouků (*Coleoptera*) pocházející z Jižní Ameriky, jehož larvy byly použity k výrobě krmiva testovaného v experimentu, jemuž se věnuje tato práce. Příbuzným druhem potemníka peruánského je potemník moučný (*Tenebrio molitor*), který má stejný životní cyklus jako potemník peruánský a taktéž již bylo několikrát testováno využití jeho larev jakožto náhrady rybí moučky v krmivu pro mořské i sladkovodní druhy ryb (Makkar a kol., 2014; Ng a kol., 2001; Ramos – Elorduy a kol., 2002).

Larvy potemníka peruánského jsou velké přibližně 3 – 4 cm a jsou velmi bohaté na obsah proteinů (viz. tabulka č.4), a současně obsahují i adekvátní množství esenciálních aminokyselin, které jsou vyžadovány k optimálnímu růstu ryb, kromě obsahu methioninu, jehož hodnoty jsou nedostačující (Barroso a kol., 2014; Yi a kol., 2013). Na druhou stranu jsou larvy potemníka peruánského chudé na obsah minerálů, nejzřetelněji je to patrné na obsahu vápníku a fosforu (Ghaly a Alkoaik, 2009).

Z dosud provedených experimentů, ve kterých bylo využito larev potemníka peruánského k nahrazení rybí moučky v podávaném krmivu, vyplynulo, že substituce určitého procenta rybí moučky může mít pozitivní efekt na růst ryb a další produkční ukazatele chovu. Konkrétně například nahrazení 25 %, 50 % a 75 % rybí moučky

v krmivu pro tilápii nilskou (*Oreochromis niloticus*), moučkou vyrobenou z larev potemníka peruánského, vedlo k optimálnímu růstu testovaných ryb (substituce 25 a 50 % rybí moučky), anebo nebyly pozorovány žádné výrazné negativní změny (konkrétně při substituci 75 % rybí moučky v krmivu) v růstu nebo v konverzi krmiva a proteinů v něm obsažených oproti rybám kmeným klasickou dietou. Negativní vlivy na produkční ukazatele chovu byly pozorovány až při 100% substituci rybí moučky, kdy ryby rostly výrazně méně. (Jabir a kol., 2012)

2.15.2 Cvrček domácí (*Acheta domestica*)

Druhým druhem hmyzu použitým k výrobě experimentálního krmiva pro účely výzkumu, kterému se věnuje tato práce, byl zástupce řádu rovnokřídlých (*Orthoptera*) cvrček domácí (*Acheta domestica*), konkrétně dospělci tohoto druhu. Do stejného řádu hmyzu patří také různé druhy kobylek a sarančat, kteří jsou společně s cvrčky známí jakožto hlavní škůdci zemědělských plodin (Henry a kol., 2015). Dospělci kobylek, sarančat a cvrčků jsou nutričně velice bohatí (Makkar a kol., 2014), nutriční složení těl cvrčků domácích využitých k experimentu je znázorněno v tabulce č.4. Finke (2002) zjistil poměrně vysoký obsah organické kyseliny taurinu v tělech cvrčků domácích. Nedostatek taurinu ve stravě chovaných ryb může mít za následek výrazné snížení přežití ryb, větší náchylnost k různým onemocněním nebo snížení růstových schopností, proto by mohl být cvrček domácí ideálním kandidátem při náhradě na taurin bohaté rybí moučky (Salze a Davis, 2015).

Cvrčka domácího lze úspěšně uměle odchovávat při teplotách nad 20 °C, a při takovýchto podmínkách lze dosáhnout odchovu 6 až 7 generací během jednoho roku. Cvrček domácí je všežravec a je tedy možno ho v umělém chovu krmit různým organickým materiálem. Populace odchovávaných cvrčků je schopna se samo regulovat pomocí kanibalismu (Hardouin a Mahoux, 2003).

Potencionální možné využití hmyzu z řádu rovnokřídlých, jakožto možné náhrady rybí moučky v krmivech pro ryby, nebylo doposud příliš testováno. Z dostupných výsledků lze zmínit výzkum Alegbeleye a kol. (2012) provedený na keříčkovci červenolemém (*Clarias gariepinus*), kde substituce až 25 % hmotnostních rybí moučky moučkou vyrobenou ze sarančat (*Zonocerus variegatus*) nevyvolalo významný pokles růstových schopností. Substituce většího množství nežli 25 % rybí

moučky, již vedla ke zhoršení růstu a snížení využití podávaného krmiva, pravděpodobně z důvodu vysokého obsahu chitinu.

3 Metodika a popis výzkumu

Na konci roku 2015 a začátku roku 2016, byl v pražském provozu firmy Anapartners s.r.o. a současně i v experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech (FROV JU) proveden krmný experiment za účelem otestování možnosti využití krmiva, v kterém byla část rybí moučky nahrazena moučkou hmyzí, v umělém odchovu okouna říčního. V obou zařízeních probíhaly experimenty po dobu 12 týdnů a hodnoceny byly produkční ukazatele (přežití ryb, hmotnost ryb, celková délka těla ryb, ukazatel konverze krmiva, specifická rychlost růstu a takzvaný Fultonův koeficient neboli ukazatel kondice ryb). Dále byl analyzován obsah tuků a obsah a složení mastných kyselin v tělech ryb a také byl vypočten hepatosomatický index.

3.1 Krmiva použitá při výzkumu

Pro účely výzkumu byla vyrobena firmou Exot Hobby s.r.o. z Černé v Pošumaví dvě peletovaná krmiva. První z nich bylo vyrobeno pro kontrolní skupinu ryb a druhé pro testovanou skupinu ryb, u obou krmiv byl výrobcem deklarován stejný obsah proteinů (viz. tabulka č. 1). U obou krmiv byla na FROV JU provedena analýza obsahu tuků a složení mastných kyselin, výsledky této analýzy jsou zobrazeny v tabulce č. 2. Oproti kontrolnímu krmivu experimentální krmivo obsahovalo 10 % hmotnostních sušeného hmyzu, což představovalo 25% substituci rybí moučky hmyzem (viz. tabulka č. 3). Do experimentálního krmiva bylo využito konkrétně dospělců cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a larev potemníka peruánského (*Zophobas morio*), oba druhy byly v krmivu zastoupeny ve stejném poměru a pocházely od lokálního producenta hmyzu Vladimíra Šefla z Bušanovic. Použitý hmyz byl usmrcen zmrazením kapalným dusíkem a následně usušen v laboratorní sušárně při teplotě 50 °C. Poté byl předán firmě Exot Hobby, která jej namlela a zapracovala do krmných pelet. Proběhla také analýza složení těl použitého hmyzu, tuto analýzu provedla akreditovaná laboratoř č. 1176 Státního veterinárního ústavu Praha, a výsledky jsou znázorněny v tabulce č. 4. V tabulce č. 5

jsou uvedeny výsledky analýzy obsahu tuků a kompozice mastných kyselin ve vzorcích krmného hmyzu. Pro zajištění potřebného obsahu a poměru aminokyselin v dietách, byly do krmiva taktéž přidány aminokyseliny Lysin, L – Threonin a Methionin v adekvátním množství. Finální krmivo mělo podobu kulatých pelet velikosti 3,5 mm (viz. foto příloha č.1), cena tohoto krmiva byla 86 Kč za kilogram bez DPH při objednávce nad 100 kg, v ceně není započítána cena použitého hmyzu.

Tabulka č. 1. Složení kontrolního a experimentálního krmiva (hodnoty deklarované výrobcem krmiv).

Parametr	Kontrolní krmivo	Krmivo s přídavkem hmyzí moučky
Protein (%)	52,07	52,08
Tuky (%)	15,04	15,02
Vláknina (%)	1,53	2,19
Škrob (%)	13,06	13,06
Sacharidy (%)	1,3	1,18
Popeloviny (%)	7,22	7,66
Vlhkost (%)	6	6

Tabulka č. 2. Výsledky analýzy obsahu tuků a složení mastných kyselin v kontrolním a experimentálním krmivu (n = 3; analyzováno na FROV JU). Obsah tuků je vyjádřen v % čerstvého stavu, obsah mastných kyselin jako % z celkových lipidů.

Parametr	Kontrolní krmivo	Krmivo s přidavkem hmyzí moučky
Obsah tuků	18,35 ± 0,64	18,02 ± 0,4
C14:0	2,83 ± 0,02 ^a	2,55 ± 0,04 ^b
C16:0	13,23 ± 0,14 ^a	14,81 ± 0,37 ^b
C16:1 trans	0,25 ± 0,01 ^a	0,31 ± 0 ^b
C16:01	3,15 ± 0,03 ^a	2,8 ± 0,02 ^b
C18:00	2,75 ± 0,04 ^a	3,2 ± 0,07 ^b
C18:1n-9	36,19 ± 0,27	35,31 ± 0,28
C18:1n-7	3,04 ± 0,09 ^a	2,64 ± 0,02 ^b
C18:1n-5	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
C18:2n-6	16,62 ± 0,03 ^a	17,9 ± 0,12 ^b
C18:3n-3	4,94 ± 0,1 ^a	4,53 ± 0,04 ^b
C20:0	0,25 ± 0	0,25 ± 0,01
C20:1n-9	2,3 ± 1,68	3 ± 0,01
C20:4n-6	0,29 ± 0,03	0,2 ± 0,2
C20:3n-3	0,4 ± 0,06	0,4 ± 0,1
C22:0	0,1 ± 0,14	0,08 ± 0,11
C22:1	2,24 ± 1,15	2,45 ± 0,01
C20:5n-3	3,99 ± 0,09 ^a	3,25 ± 0,04 ^b
C22:4n-6	0,04 ± 0,04	0,07
C24:1	0,56 ± 0,01 ^a	0,49 ± 0,01 ^b
C22:5n-3	1,07 ± 0,02	1,02 ± 0,17
C22:6n-3	5,77 ± 0,17 ^a	4,73 ± 0,13 ^b
∑ SFA	19,16 ± 0,29 ^a	20,89 ± 0,37 ^b
∑ MUFA	47,73 ± 0,15	47 ± 0,32
∑ PUFA	33,11 ± 0,44	32,1 ± 0,05
∑ n-3	16,17 ± 0,32 ^a	13,93 ± 0,08 ^b
∑ n-6	22,71 ± 0,29	22,9 ± 0,13
n-6 / n-3	1,4 ± 0,01 ^a	1,64 ± 0,02 ^b

Rozdílný index nad hodnotami v řádku značí statisticky významný rozdíl (p < 0,05) v daném parametru mezi oběma krmivy.

Tabulka č. 3. Ingredience použité pro výrobu kontrolního a experimentálního krmiva.

Ingredience	Kontrolní krmivo	Krmivo s přidavkem hmyzí moučky
Rybí moučka (%)	39	29
Pšeničná mouka krmná (%)	27	24
Pšeničný lepek (%)	20	22
Hmyz (%)	---	10 (5% cvček, 5% potěmnik)
Lososový olej (%)	9	8,5
Kvasnice pivovarské (%)	3	---
Lysin HCL (%)	0,88	1,09
Bolifor (%)	0,4	1
Premix vit. a aminokys. (%)	0,35	0,35
Krmný vápenec (%)	0,3	0,75
L – threonin (%)	0,15	0,22
Methionin (%)	0,2	0,11

Tabulka č. 4. Výsledky analýzy složení těl a nutričních hodnot hmyzu použitého k výrobě experimentální diety. Analýza byla provedena Státním veterinárním ústavem Praha, testovací laboratoř č. 1176.

Parametr (obsah vyjádřen pro 100g vzorku)	Cvrček domácí	Larvy potěmniku peruánského
Proteiny (g)	21,7	19
Sacharidy (g)	4,1	4,7
Popeloviny (při 550 °C)	1,9	1,8
Obsah sušiny (g) (105 °C)	32,2	43,8
Tuk (g)	4,6	18,3
Energetická hodnota (kJ)	606	1080
Vlhkost (g)	67,8	56,2
Energetická hodnota (kcal)	145	258
Energie z tuků (kJ)	169	676
Energie z tuků (kcal)	40	162

Tabulka č. 5. Výsledky analýzy obsahu tuků a mastných kyselin v tělech hmyzu použitého k výrobě experimentální diety (n = 3; analyzováno na FROV JU). Obsah tuků je vyjádřen v % čerstvého stavu, obsah mastných kyselin jako % z celkových lipidů.

Parametr	Cvrček domácí	Larvy potemníka peruánského
Obsah tuků	6,68 ± 0,70 ^a	18,21 ± 2,27 ^b
C14:0	0,86 ± 0,05 ^a	1,06 ± 0,06 ^b
C16:0	24,98 ± 0,63 ^a	32,36 ± 1,76 ^b
C16:1 trans	1,17 ± 0,06 ^a	0,80 ± 0,15 ^b
C18:00	7,50 ± 0,33	7,53 ± 0,73
C18:1n-9	21,51 ± 0,19 ^a	33,89 ± 3,63 ^b
C18:1n-7	0,70 ± 0,01 ^a	0,31 ± 0,04 ^b
C18:2n-6	39,59 ± 0,53 ^a	22,53 ± 1,95 ^b
C18:3n-3	1,31 ± 0,02 ^a	0,92 ± 0,13 ^b
C20:0	0,38 ± 0,00 ^a	0,17 ± 0,02 ^b
C20:1n-9	0,44 ± 0,03 ^a	0,16 ± 0,04 ^b
C20:2n-6	0,08 ± 0,00	0,07 ± 0,01
C20:4n-6	0,27 ± 0,05 ^a	0,02 ± 0,03 ^b
C20:3n-3	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^b
C22:0	0,11 ± 0,02	0,05 ± 0,03
C22:1	0,01 ± 0,1	0,01 ± 0,02
C20:5n-3	0,76 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,07 ^b
C22:5n-3	0,03 ± 0,01 ^a	0,00 ^b
C22:6n-3	0,21 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,08 ^b
∑ SFA	33,85 ± 0,33 ^a	41,18 ± 1,98 ^b
∑ MUFA	23,89 ± 0,28 ^a	35,17 ± 3,78 ^b
∑ PUFA	42,26 ± 0,55 ^a	23,65 ± 1,92 ^b
∑ n-3	2,29 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,13 ^b
∑ n-6	39,94 ± 0,58 ^a	22,62 ± 1,93 ^b
n-6 / n-3	17,44 ± 0,43	22,39 ± 3,71

Rozdílný index nad hodnotami v řádku značí statisticky významný rozdíl (p < 0,05) v daném parametru mezi oběma druhy hmyzu.

3.2 Experiment v provozu firmy Anapartners s.r.o.

Firma Anapartners s.r.o. s provozem v Praze, Horních Počernicích se zabývá komerčním chovem okouna říčního, candáta obecného a sumce velkého ve svém recirkulačním systému (web firmy Anapartners s.r.o., 2017).

Experiment v provozu této firmy probíhal od 12. 11. 2015 do 16. 2. 2016. Do dvou kruhových nádrží o objemu 800 litrů (viz. foto příloha č.2), bylo nasazeno celkem 300 okounů říčních stejného věku a jednotné velikosti (průměrná hmotnost ryb na počátku experimentu byla $88,9 \pm 0,4$ g). Testované ryby pocházely z vlastního odchovu firmy Anapartners s.r.o. a byly navyklé na podmínky recirkulačního systému a na příjem granulovaného krmiva. Ryby byly nasazeny po 150 kusech do každé ze dvou 800 litrových nádrží, v jedné nádrži byly krmeny experimentální dietou a ve druhé dietou kontrolní. Během výzkumu byla 2x denně kontrolována a zapisována teplota vody a hodnota rozpuštěného kyslíku v nádržích. Průměrná teplota vody během experimentu byla $19,6 \pm 0,3$ °C a průměrný obsah rozpuštěného kyslíku $9,4 \pm 0,5$ mg O₂.l⁻¹. Ryby v obou nádržích byly krmeny ručně 4x denně a krmivo jim bylo podáváno v denní dávce 1 % z hmotnosti obsádky v nádrži.

Na počátku výzkumu bylo z každé z nádrží náhodně vyloveno 25 ryb, které byly změřeny a zváženy, stejný postup se opakoval i na konci výzkumu. Z měřených ryb bylo 10 náhodně vybraných kusů usmrceno, změřeno (celková délka – TL; délka těla – SL), zváženo včetně hmotnosti jater pro následný výpočet hepatosomatického indexu (HSI). Z každé ryby byl rovněž odebrán vzorek svaloviny s kůží za účelem zjištění celkového obsahu tuků a stanovení profilu mastných kyselin (MK). Na konci experimentu byla obsádka obou nádrží spočtena pro stanovení míry přežití a zvážena a změřena pro zhodnocení růstu ryb. Z každé skupiny bylo náhodně vybráno 10 ryb pro měření a analýzy, stejně jako na začátku pokusu. Experiment v provozu firmy Anapartners s.r.o. byl proveden zejména za účelem získání dat z provozních podmínek komerčního chovu, nikoliv pouze z podmínek experimentálního chovu.

3.3 Experiment v experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví (ERPP) Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech

Během experimentu v ERPP, který probíhal od 30.11.2015 do 22.2.2016, bylo celkem nasazeno 1440 okounů říčních pocházejících z vlastního odchovu ERPP, navyklých na podmínky recirkulačního systému a na příjem peletovaného krmiva. Průměrná hmotnost ryb při nasazení byla $23,1 \pm 0,6$ g. Ryby byly nasazeny do 6 kruhových laminátových nádrží o objemu 600 litrů (viz. foto příloha č.3) a do každé nádrže bylo nasazeno 240 kusů ryb. Ryby ve třech nádržích byly krmeny

experimentální dietou a ryby ve zbylých třech nádržích poté dietou kontrolní (celkem 720 kusů ryb v každé skupině na počátku experimentu). Krmení bylo oběma pozorovaným skupinám podáváno automatickými krmítky v denní dávce 1,5 % z celkové hmotnosti obsádky v nádrži.

Na počátku výzkumu, poté v intervalu jednou za tři týdny a na závěr výzkumu po 24 hodinovém období bez podání krmiva bylo z každé nádrže náhodně vyloveno 50 ryb (tedy celkem 150 kusů pro každou skupinu), které byly změřeny (viz. foto příloha č.4) a zváženy. Zaznamenán byl vždy rovněž počet ryb a jejich celková hmotnost v každé z nádrží. Celkem tedy proběhlo 5 kontrolních měření a vážení. Na začátku výzkumu bylo taktéž náhodně odebráno 10 kusů ryb, které byly usmrceny za účelem odběru vzorků pro analýzu obsahu a složení tuků ve svalovině. Tyto ryby byly zváženy a změřeny individuálně (TL), včetně zvážení jater pro následný výpočet hepatosomatického indexu (HSI). Stejný postup byl následně zopakován i na konci výzkumu, kdy bylo z každé skupiny odebráno pro analýzy 10 kusů ryb. Po celou dobu experimentu byla 2x denně kontrolována teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku v nádržích, průměrná teplota vody byla $19,5 \pm 0,1$ °C a průměrný obsah rozpuštěného kyslíku byl $9,2 \pm 0,6$ mg O₂.l⁻¹. Přežití ryb bylo hodnoceno na základě zapisování počtu uhynulých ryb v průběhu celého experimentu ve všech nádržích.

3.4 Hodnocení produkčních ukazatelů

Na základě hodnot získaných měření a vážení ryb na začátku, na konci a v průběhu experimentu byly následně vypočteny produkční ukazatele chovu níže znázorněným způsobem:

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, vztažený k průměrné hmotnosti za sledované období.

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

HSI (Hepatosomatic Index – hepatosomatický index) = $(W_1 / W_t) \cdot 100$, kde W_1 = 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.

3.5 Analýza obsahu tuků a složení mastných kyselin ve svalovině

Na začátku a na konci výzkumu bylo 10 náhodně vybraných ryb z každé skupiny v obou provozech usmrceno a byla jim odebrána svalovina s kůží pro následnou analýzu obsahu tuků a složení mastných kyselin ve svalovině. Extrakce tuků ze svaloviny byla provedena na základě metodiky Hary a Radina (1978) a následný obsah tuků byl stanoven gravimetrickou metodou. K analýze mastných kyselin, bylo nejprve využito methylace všech tuků dle Appelquista (1968) a následně byla provedena analýza složení mastných kyselin ve svalovině pomocí plynové chromatografie.

3.6 Statistická analýza dat

Získané biometrické údaje a hodnoty produkčních ukazatelů byly porovnány pomocí statistických metod T-test (Studentův t–test) a analýza rozptylu (ANOVA–test), přežití bylo hodnoceno Pearsonovým chí-kvadrát testem (χ^2 – test) v programu Statistika 12 CZ.

4 Výsledky

4.1 Výsledky experimentu v provozu firmy Anapartners s.r.o.

Po 12 týdnech odchovu bylo dne 16. 2. 2016 z nádrže č. 1 odloveno 145 přeživších kusů okouna říčního a z nádrže č. 2 146 přeživších kusů. Z těchto hodnot byla následně stanovena míra přežití pro ryby z nádrže č. 1 krměných kontrolní dietou na 96,6 % a pro ryby z nádrže č. 2 krměných dietou kontrolní na 97,3 %. Ze získaných hodnot tedy lze konstatovat, že druh krmiva neměl signifikantní vliv na konečné přežití ryb pozorovaných v recirkulačním systému firmy Anapartners s.r.o.

Průměrná hmotnost ryb na začátku výzkumu v kontrolní nádrži č. 1 byla 88,6 g, v experimentální nádrži č. 2 89,2 g. Na konci výzkumu byla převážením celé obsádky zjištěná průměrná hmotnost ryb v kontrolní skupině 143,8 g (přírůstek o 55,2 g) a v experimentální skupině 138,4 g (přírůstek o 49,2 g). Dalšími hodnocenými produkčními ukazateli byly konverze krmiva (FCR) a specifická rychlost růstu (SGR). Po vypočtení ukazatele konverze krmiva byla zjištěna nižší hodnota pro kontrolní skupinu oproti skupině experimentální. Lepších výsledků dosáhla kontrolní skupina i při výpočtu SGR (specifická rychlost růstu). Výsledky shrnuje tabulka č. 6.

Z biometrického měření 25 náhodně vybraných ryb na začátku experimentu vyplynulo, že průměrná délka těla (SL) byla $168,8 \pm 9,0$ mm, celková délka (TL) $192,9 \pm 10,0$ mm a průměrná hmotnost $94,4 \pm 16,5$ g. Na konci experimentu vykazovalo 25 náhodně vybraných ryb z kontrolní nádrže vyšší hodnoty biometrických ukazatelů, s výjimkou koeficientu kondice (CF), nežli 25 ryb z experimentální skupiny, signifikantní rozdíl byl však zaznamenán pouze v délce těla (viz. tabulka č. 6).

Tabulka č. 6. Hodnoty biometrických údajů (průměr ± SD; n = 25) a produkčních parametrů (hodnoty pro každou nádrž) na konci experimentu v provozu firmy Anapartners s.r.o.

Parametr	Kontrolní sk.	Experimentální sk.
SL (mm)	200,8 ± 11,4 ^a	194 ± 11,5 ^b
TL (mm)	228,8 ± 11,8	222 ± 13,0
Hmotnost (g)	160,2 ± 32,1	146,9 ± 24,9
CF	1,32 ± 0,12	1,33 ± 0,08
FCR	1,82	2,02
SGR (% · d ⁻¹)	0,58	0,52
Přežití (%)	96,6	97,3

Rozdílný index nad hodnotami v řádku značí statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) v daném parametru mezi skupinami.

4.2 Výsledky experimentu provedeného v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech

Na počátku výzkumu (30. 11. 2015) byla celková hmotnost obsádky (240 ks) jednotlivých nádrží, v kterých byly ryby následně krmeny kontrolní dietou v rozmezí 5690 – 6320 g, průměrná hmotnost ryb tedy byla $23,4 \pm 0,1$ g. Počáteční hmotnost obsádky z nádrží, v kterých byly ryby následně krmeny dietou experimentální byla 5330 – 5730 g, průměrná hmotnost ryb tedy byla $22,8 \pm 0,9$ g.

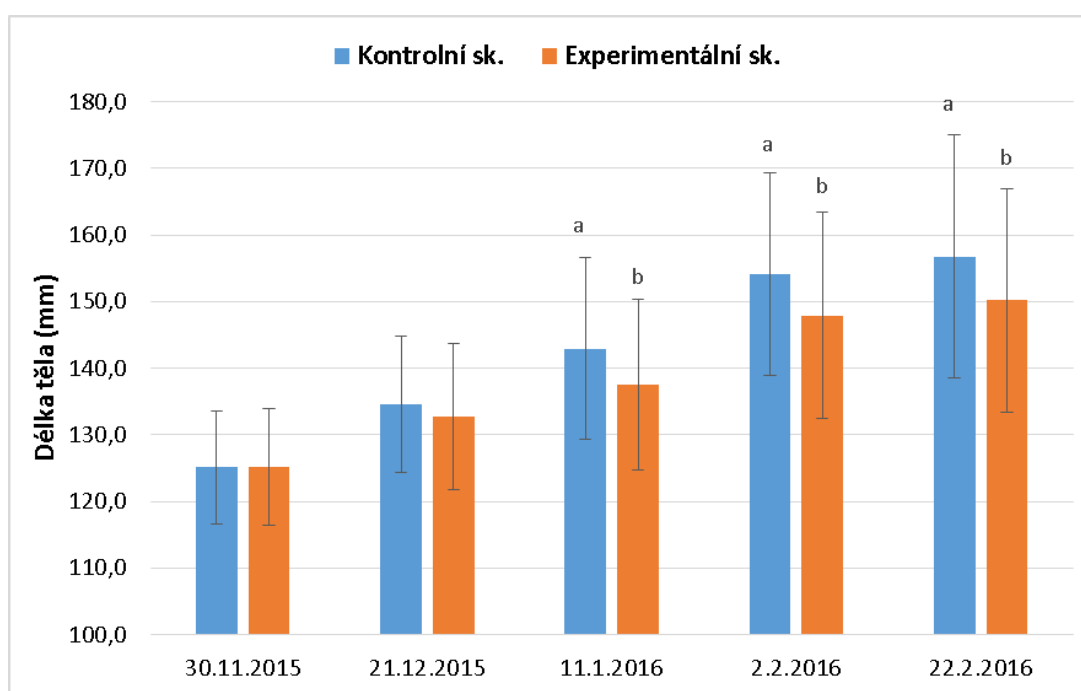
Na konci experimentu bylo z nádrží, v kterých byla rybám podávána kontrolní dieta, sloveno 677 kusů z původních 720 nasazených. Z nádrží, ve kterých byly ryby krmeny dietou experimentální, bylo sloveno 681 kusů z původních 720 nasazených. Typ krmiva neměl statisticky významný vliv na míru přežití pozorovaných ryb. Průměrná hmotnost ryb kontrolní skupiny byla na konci experimentu signifikantně vyšší oproti skupině krmené experimentální dietou. Signifikantní rozdíl mezi skupinami byl na konci experimentu zaznamenán i v případě koeficientu konverze krmiva a specifické rychlosti růstu, přičemž lepších výsledků bylo v obou případech dosaženo v kontrolní skupině. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7. Hmotnost ryb a hodnoty produkčních ukazatelů na konci experimentu provedeného v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech (průměr ± SD; n = 3).

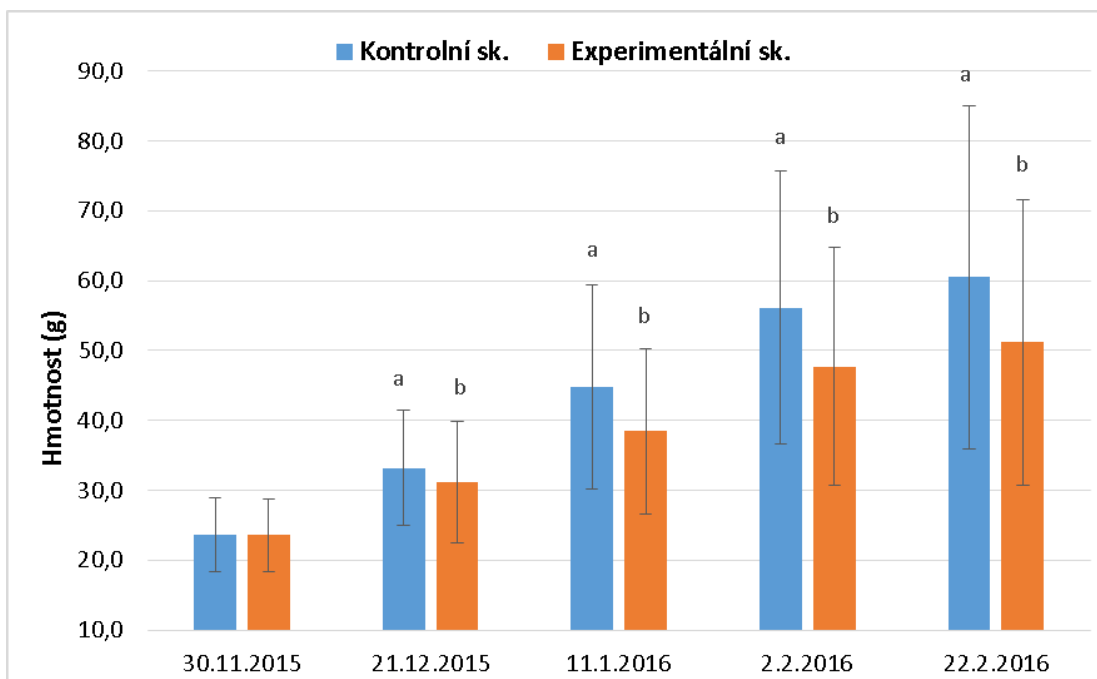
Parametr	Kontrolní sk.	Experimentální sk.
Hmotnost (g)	56,9 ± 0,7 ^a	48,6 ± 2,1 ^b
FCR	1,44 ± 0,08 ^a	1,75 ± 0,15 ^b
SGR (% · d ⁻¹)	1,06 ± 0,01 ^a	0,90 ± 0,07 ^b
Přežití (%)	94,0 ± 4,0	94,6 ± 1,9

Rozdílný index nad hodnotami v řádku značí statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) v daném parametru mezi skupinami.

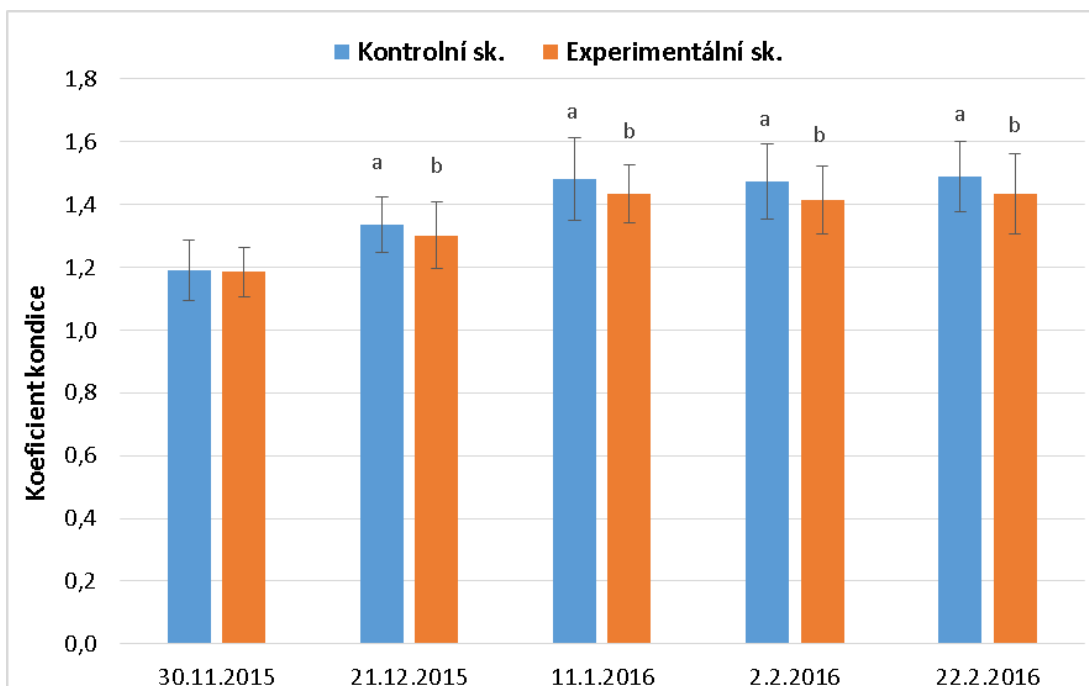
Na základě průběžného biometrického měření 50 kusů ryb z každé nádrže lze konstatovat signifikantní rozdíly v růstu (hmotnost, celková délka) a koeficientu kondice chovaných ryb ve prospěch kontrolní skupiny již od 2., respektive 3. kontrolního přelovení (viz. graf č. 2 – 4).



Graf č. 2. Vývoj hodnoty celkové délky (průměr ± SD; n = 150) ryb v průběhu experimentu provedeného v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Rozdílný index nad sloupci značí statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi skupinami v daném termínu měření.



Graf č. 3. Vývoj průměrné hmotnosti (průměr ± SD; n = 150) ryb v průběhu experimentu provedeného v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Rozdílný index nad sloupci značí statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi skupinami v daném termínu měření.



Graf č. 4. Vývoj průměrné hodnoty koeficientu kondice (průměr ± SD; n = 150) ryb v průběhu experimentu provedeného v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Rozdílný index nad sloupci značí statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi skupinami v daném termínu měření.

4.3 Výsledky analýzy obsahu tuků, mastných kyselin a hodnocení HSI v obou experimentech

Ryby, které byly následně použity k analýze obsahu tuků a profilu mastných kyselin, byly také změřeny, zváženy, byl jim vypočten koeficient kondice a také jim byl vypočten hepatosomatický index. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn pouze v celkové délce ryb z provozu firmy Anapartners s.r.o. použitých pro analýzy po ukončení experimentu. Naměřené hodnoty všech sledovaných ukazatelů jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tabulka č. 8. Výsledky měření, vážení, výpočtu kondičního ukazatele a hepatosomatického indexu ryb (10 kusů z každé skupiny), využitých k analýze obsahu tuků a profilu mastných kyselin.

Parametr	ERPP začátek	ERPP kontrolní sk. (závěr)	ERPP exp. sk. (závěr)	Anapar. začátek	Anapar. kontrolní sk. (závěr)	Anapar. exp. sk. (závěr)
TL (mm)	141,6 ± 8,9	170 ± 19,4	171 ± 18,5	190 ± 7,7	232,5 ± 9,5 ^A	219,5 ± 15 ^B
W (g)	39,9 ± 9,9	75,6 ± 27,5	74,6 ± 27,5	92,2 ± 10,3	175,8 ± 31,5 ^A	143,7 ± 23,7 ^B
CF	1,4 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1
HSI (%)	2,7 ± 0,9	3,6 ± 0,9	3,8 ± 0,6	1,5 ± 0,3	3,2 ± 0,8	3,2 ± 0,9

Z výsledků analýzy obsahu tuků ve svalovině ryb (viz tabulka č. 9), není patrný signifikantní rozdíl v celkovém obsahu tuků na počátku a na konci výzkumu ani v jedné ze sledovaných skupin, v tomto ohledu se neobjevily rozdíly ani mezi skupinami navzájem. Rozdíly však nalezneme v obsahu mastných kyselin, tyto rozdíly se objevily již na počátku výzkumu mezi rybami použitými k výzkumu v ERPP a těmi použitými k výzkumu v provozu firmy Anapartners s.r.o. (komerční provoz). V tomto ohledu měly ryby využitě k výzkumu v komerčním provozu na počátku výzkumu nižší obsah *n*-3 mastných kyselin a vyšší obsah *n*-6 mastných kyselin oproti rybám, využitým v experimentu v ERPP, což u nich vyústilo i ve vyšší hodnotu poměru těchto kyselin.

Vyhodnocením analýzy obsahu mastných kyselin na závěr experimentu bylo zjištěno, že krmení ryb kontrolní a experimentální dietou mělo vliv na obsah mastných kyselin ve svalovině ryb u všech sledovaných skupin. Rozdíly v obsahu některých mastných kyselin byly signifikantní.

Z celkového pohledu se zvýšil obsah nasycených mastných kyselin (SFA) a mononenasycených mastných kyselin (MUFA) u ryb krměných kontrolní dietou i u ryb krměných dietou experimentální, v obou provedených experimentech oproti hodnotám na počátku experimentu. Naopak obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA) se oproti počátečnímu stavu snížil u obou pozorovaných skupin, výrazný pokles byl zaznamenán zejména u $n-3$ mastných kyselin. Zajímavé hodnoty se objevily na závěr experimentu u obsahu kyseliny α -linolenové (C18:3 $n-3$), během experimentu v ERPP obsah této kyseliny stoupl, naopak během experimentu v komerčním chovu klesl.

Ryby krměné krmivem s přídatkem hmyzu vykazovaly po závěrečném vyhodnocení analýzy mastných kyselin vyšší obsah kyseliny linolové (C18:2 $n-6$) ve svalovině, oproti rybám krměným kontrolní dietou, těchto výsledků bylo dosaženo v obou provedených výzkumech. V závislosti na výše zmíněných faktech byl poměr $n-6$ kyselin ku $n-3$ kyselinám u ryb krměných experimentální dietou vyšší nežli u ryb krměných dietou kontrolní. Obsah sledovaných mastných kyselin ve svalovině k výzkumu využitých ryb, je podrobně znázorněn v tabulce č.9.

Tabulka č. 9. Výsledky analýzy obsahu tuků a mastných kyselin ve svalovině ryb na počátku a po skončení obou provedených experimentů. Rozdílný index psaný malými písmeny značí signifikantní rozdíl v daném parametru mezi skupinami ryb chovaných v ERPP na konci experimentu, velkými písmeny rozdíl v daném parametru mezi skupinami ryb chovaných v provozu Anapartners s.r.o. na konci experimentu. Znak * značí signifikantní rozdíl v daném parametru mezi rybami z obou provozů na začátku experimentu.

Parametr (%)	ERPP začátek	ERPP kon. sk. (závěr)	ERPP exp. sk. (závěr)	Anapar. začátek	Anapar. kon. sk. (závěr)	Anapar. exp. sk. (závěr)
Obsah tuků	1,53 ± 1,3	1,08 ± 0,32	1,21 ± 0,25	1,39 ± 1,7	1,03 ± 0,2	1,26 ± 0,42
C14:0	0,78 ± 0,1 ^{a*}	1,23 ± 0,4 ^b	1,14±0,27 ^{ab}	0,62 ± 0,12 [*]	0,84 ± 0,25	0,84 ± 0,22
C16:0	22,09 ± 1,02	22,58 ± 1,26	23,1 ± 0,79	20,84 ± 1,01 ^A	22,5 ± 1,31 ^B	23,16±0,94 ^B
C16:1trans	1,15 ± 0,23	1,16 ± 0,16	1,28 ± 0,17	0,94 ± 0,04 ^A	1,84 ± 0,43 ^B	1,76 ± 0,46 ^B
C16:01	2,3 ± 0,49 [*]	3,04 ± 1,45	3 ± 1,19	1,64 ± 0,38 [*]	2,69 ± 1,02	2,58 ± 0,78
C18:00	3,68 ± 0,32 [*]	3,82 ± 0,66	4,1 ± 0,47	4,77 ± 0,41 ^{A*}	3,8 ± 0,6 ^B	4,09 ± 0,43 ^B
C18:1n-9	15,09 ± 1,88	18,35 ± 4,64	18,26±3,08	18,77 ± 1,59	17,2 ± 3,63	16,98 ± 2,46
C18:1n-7	2,23 ± 0,14	2,28 ± 0,22	2,18 ± 0,1	2,16 ± 0,12 ^A	2,49 ± 0,13 ^B	2,44 ± 0,19 ^B
C18:1n-5	0,63 ± 0,03 ^{a*}	0,47 ± 0,12 ^b	0,45 ± 0,08 ^b	0,74 ± 0,06 ^{A*}	0,57 ± 0,07 ^B	0,59 ± 0,09 ^B
C18:2n-6	9,34 ± 1,15 ^{a*}	9,45 ± 0,85 ^a	10,85 ± 0,7 ^b	10,78±0,83 ^{A*}	8,75 ± 1,04 ^B	10,45 ± 0,7 ^A
C18:3n-3	1,24 ± 0,14 ^{a*}	1,82 ± 0,28 ^b	1,78 ± 0,21 ^b	1,85 ± 0,16 ^{A*}	1,41 ± 0,26 ^B	1,46 ± 0,18 ^B
C20:1n-9	1,25 ± 0,16 ^{a*}	1,52 ± 0,18 ^b	1,3 ± 0,24 ^{ab}	1 ± 0,1 ^{A*}	1,18 ± 0,18 ^B	1,05±0,08 ^{AB}
C20:4n-6	0,99 ± 0,14 ^{a*}	0,81 ± 0,18 ^{ab}	0,71 ± 0,1 ^b	1,51 ± 0,19 ^{A*}	1 ± 0,13 ^B	1,04 ± 0,14 ^B
C20:5n-3	3,46 ± 0,74 ^{a*}	4,66 ± 0,62 ^b	4,13±0,64 ^{ab}	5,17 ± 0,45 ^{A*}	3,67 ± 0,47 ^B	3,62 ± 0,56 ^B
C22:5n-3	1,37 ± 0,25	1,73 ± 0,37	1,57 ± 0,21	1,48 ± 0,07	1,33 ± 0,12	1,36 ± 0,2
C22:6n-3	34,27 ± 3 ^{a*}	25,35±5,17 ^b	24,57 ± 4,2 ^b	27,31 ± 1,91 [*]	29,31 ± 4,03	27,35 ± 2,75
ΣSFA	26,79±1,53 ^a	27,87±1,47 ^{ab}	28,55±0,96 ^b	26,6 ± 1,64 ^A	27,38±1,62 ^B	28,27±1,05 ^B
ΣMUFA	23,23 ± 3	27,93 ± 6,34	27,5 ± 4,55	25,84 ± 2,45 ^A	26,81±4,81 ^B	26,19 ± 3,4 ^B
ΣPUFA	50,8 ± 5,46	44,21 ± 5,15	43,94±4,03	48,19 ± 3,65 ^A	45,8 ± 3,45 ^B	45,55±2,59 ^B
Σn-3	40,47±4,17 ^{a*}	33,9 ± 5,76 ^b	32,35±4,56 ^b	35,91±2,62 ^{A*}	33,99±4,15 ^B	34,02±2,84 ^B
Σn-6	10,33±1,29 ^{a*}	10,31±0,75 ^a	11,59±0,68 ^b	12,29±1,03 ^{A*}	9,81±0,97 ^B	11,53±0,66 ^A
n-6 / n-3	0,26 ± 0,31 ^{a*}	0,32 ± 0,07 ^{ab}	0,37 ± 0,08 ^b	0,34 ± 0,39 ^{A*}	0,28 ± 0,06 ^B	0,34 ± 0,04 ^A

5 Diskuze

Výsledky provedeného, 12 týdnů trvajících výzkumu ukázaly, že substituce 25 % rybí moučky v krmivu pro okouna říčního moučkou hmyzí, která byla připravena z larev potemníka peruánského a dospělců cvrčka domácího, neměla vliv na přežití ryb. Nicméně byly zaznamenány rozdíly v růstu ryb, přírůstku hmotnosti, koeficientu konverze krmiva a v dalších produkčních ukazatelích, v porovnání s rybami krmenými kontrolním krmivem bez přídavku hmyzu (viz. tabulka č. 6 a tabulka č. 7 a grafy č. 2 - 4). Náhrada části rybí moučky hmyzí moučkou vedla ke zhoršení koeficientu konverze krmiva, což bylo následně důvodem zaostávání ryb v délkovém i hmotnostním růstu a mělo tedy i negativní vliv na specifickou rychlost růstu. Použitý hmyz pravděpodobně obsahuje pro okouna říčního těžce stravitelnou látku, což se následně projevilo na celkově horší stravitelnosti experimentálního krmiva, a tím i na zhoršení konverze krmiva. Touto látkou by mohl být polysacharid chitin, který může mít v nízkých dávkách pozitivní vliv na činnost zažívacího traktu ryb (Sprenen a kol. 1984), nicméně je pro většinu ryb nestravitelný a v dávkách vyšších snižuje využití ostatních živin v podávaném krmivu (Barroso a kol., 2013; Belluco a kol., 2013). Námi zvolené procento substituce rybí moučky, bylo tedy z tohoto pohledu pravděpodobně již příliš velké.

Podobný experiment, při kterém bylo využito larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), provedl Gasco a kol. (2014a) a Piccolo a kol. (2014) na mořčákově evropském (*Dicentrarchus labrax*) a na mořanovi zlatém (*Sparus aurata*). Při tomto experimentu bylo zaznamenáno zhoršení růstu až při 50% substituci rybí moučky, při substituci 25% nebyl pozorován vliv na růst ryb. Podobných výsledků bylo dosaženo i při totožném experimentu s pstruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*), kdy se negativní vliv na růst ryb také objevil až od 50% substituce rybí moučky (Gasco a kol. 2014b). Larev potemníka peruánského bylo stejně tak jako při našem experimentu, využito při krmení juvenilů tilápie nilské (*Oreochromis niloticus*) v pokusu Jabira a kol. (2012). Při tomto pokusu byl pozorován optimální růst zkoumaných jedinců při 25% a 50% substituci rybí moučky, při 75% substituci nebyl pozorován výrazný negativní vliv na růst ryb, ten byl pozorován až při 100% substituci rybí moučky v krmivu moučkou vyrobenou z larev potemníka peruánského. Ve výzkumu St-Hilaira a kol. (2007b) vykázal pstruh duhový krmený experimentálním krmivem výrazný pokles růstu oproti

kontrolní skupině, již při obsahu 9,2 % hmotnostních larev mouchy domácí (*Musca domestica*) v experimentální dietě.

Z výše prezentovaných výsledků výzkumů vyplývá, že různé druhy ryb reagují rozdílně na substituci rybí moučky v krmivu jedním druhem hmyzu. Současně se liší reakce jednoho druhu ryb na využití různých druhů hmyzu v experimentálních krmivech. Stejně tak se i liší reakce pozorovaných ryb na množství substituované rybí moučky v krmivu moučkou hmyzí. Například zmiňovaný experiment Jabira a kol. (2012) ukázal, že je u některých druhů ryb potenciál k nahrazení až 50 % rybí moučky moučkou hmyzí se současným zachováním optimálního růstu chovaných ryb. Nelze tedy z negativních výsledků našeho experimentu do budoucna zavrhnout reálnou možnost využití hmyzí moučky v krmivu pro okouna říčního. Negativní výsledky našeho výzkumu mohly být mimo jiné způsobeny nevhodnou volbou druhu hmyzu využitého pro výrobu experimentálního krmiva, či nevhodnými poměry hmyzu a množstvím substituované rybí moučky.

Z hlediska obsahu tuků ve svalovině nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou. Rozdíly se objevily v obsahu mastných kyselin, ryby krmené experimentální dietou vykazaly vyšší obsah nasycených mastných kyselin ve svalovině, což pravděpodobně vychází i z vyššího obsahu těchto kyselin v experimentálním krmivu oproti krmivu kontrolnímu (viz. tabulka č.2). Ryby krmené krmivem s přídavkem hmyzu obsahovaly signifikantně více kyseliny linolové (C18:2 n -6) (viz. tabulka č.9) než ryby krmené kontrolní dietou. To opět vychází i z vyššího obsahu této kyseliny v experimentální směsi, což je pravděpodobně zapříčiněno vysokým obsahem kyseliny linolové v těle cvrčka domácího (viz. tabulka č.5), který byl využit k výrobě krmiva.

Dále byly pozorovány drobné rozdíly v poměru celkového obsahu n -6 mastných kyselin ku n -3 mastným kyselinám (viz. tabulka č.9). Tento poměr se zvýšil u ryb krmených experimentální dietou z důvodu celkově vyššího obsahu n -6 mastných kyselin a nižšího obsahu n -3 mastných kyselin ve svalovině ryb krmených touto dietou. Rozdíl v obsahu n -3 mastných kyselin byl pozorován i při porovnání složení obou krmiv (viz. tabulka č.2), kdy experimentální krmivo obsahovalo méně n -3 mastných kyselin nežli kontrolní dieta, jelikož je hmyz oproti rybám na obsah těchto kyselin výrazně chudší (Sushchik a kol., 2003). Ke snížení obsahu n -3 mastných kyselin došlo i při pokusu Gasca a kol. (2014b) s pstruhem duhovým, kde byla rybí moučka

v experimentálním krmivu substituována moučkou z larev mouchy domácí. Podobných negativních výsledků v obsahu *n*-3 mastných kyselin dosáhl také Gasco a kol. (2014a) v experimentu na mořčákovi mořském při 50% substituci rybí moučky moučkou z larev potemníka moučného. Z celkového hlediska změn v poměru *n*-6 mastných kyselin ku *n*-3 mastným kyselinám ve svalovině ryb v našich experimentech byly tyto změny malé a neovlivnily tedy zásadně celkovou nutriční hodnotu svaloviny ryb. Nicméně tento experiment probíhal pouze 12 týdnů a lze tedy předpokládat, že by se tento poměr i nadále zvyšoval s prodloužením doby, po kterou by ryby byly krmeny touto dietou. Obecně je strava západní civilizace charakterizována vysokým příjmem *n*-6 mastných kyselin a nízkým příjmem *n*-3 mastných kyselin, tuto potravní disbalanci pozitivně ovlivňuje zařazení ryb do jídelníčku, jelikož jsou zejména ve volných vodách lovené ryby bohaté na obsah *n*-3 mastných kyselin (Strobel a kol., 2012). Další snižování obsahu *n*-3 mastných kyselin ve svalovině uměle chovaných ryb, volbou nevhodných krmiv pro ně, je tedy z hlediska lidského zdraví nežádoucí, což vnáší i otázku do problematiky využití hmyzu v rybích krmivech, jelikož jsou *n*-3 mastné kyseliny v tělech hmyzu zastoupeny výrazně méně, nežli je tomu u ryb využitých k výrobě rybí moučky (Sushchik a kol., 2003). Nízký obsah *n*-3 mastných kyselin v krmném hmyzu však může být ovlivněn dietou použitou při jeho odchovu, jak dokázal St-Hilaire a kol. (2007a) při chovu larev bráněnky. Larvy krmené v závěrečném období chovu dietou bohatou na *n*-3 mastné kyseliny (rybí vnitřnosti) vykazovaly rychlý a významný nárůst obsahu těchto mastných kyselin ve vlastních tělech. V případě námi použitého hmyzu by tento způsob zlepšení profilu mastných kyselin připadal v úvahu u larev potemníka peruánského, který je schopen rybí zbytky bez problémů konzumovat (Šefl, osobní sdělení). Tímto způsobem by mohlo být nejen příznivě ovlivněno složení krmného hmyzu, ale zároveň by mohl být zužitkován nevyužitelný odpad ze zpracování chovaných ryb.

Výsledky výzkumu vykazovaly podobný trend během experimentu v komerčním provozu firmy Anapartners s.r.o. i v experimentu v experimentálních podmínkách ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Rozdílné podmínky prostředí během výzkumu tedy neměly výrazný vliv na jeho výsledky. Rozdílný obsah mastných kyselin ve svalovině ryb před započítáním výzkumu v provozu firmy Anapartners s.r.o. a započítáním výzkumu v ERPP, pravděpodobně vycházel z využití jiných krmiv v odchovu ryb do začátku experimentu.

6 Závěr

Provedené krmné experimenty v komerčním provozu firmy Anapartners s.r.o. a v ERPP Fakulty rybářství a ochrany vod ve Vodňanech ukázaly, že substituce 25 % rybí moučky v krmivu pro uměle odchovávaného okouna říčního moučkou hmyzí, vyrobenou z larev potemníka peruánského a dospělců cvrčka domácího, měla negativní vliv na růst ryb a další produkční ukazatele chovu. Zhoršení růstu, koeficientu konverze krmiva a specifické rychlosti růstu ryb krmených experimentálním krmivem bylo zřejmě způsobeno horší stravitelností experimentální směsi. Krmivo s přídatkem hmyzu nemělo vliv na přežití ryb během experimentů.

Signifikatně se zvýšil obsah kyseliny linolové (C18:2 n -6) ve svalovině ryb krmených experimentálním krmivem oproti rybám krmeným kontrolním krmivem, z důvodu vysokého obsahu této kyseliny v tělech cvrčka domácího a v larvách potemníka peruánského. Dále se u experimentální skupiny ryb zvýšil celkový obsah n -6 mastných kyselin a snížil celkový obsah n -3 mastných kyselin ve svalovině, což mělo za následek i výslednou změnu poměru obsahu těchto kyselin. Nicméně celkové změny v obsahu mastných kyselin byly malé a neovlivnily nutriční hodnotu svaloviny ryb krmených experimentální dietou.

Negativní výsledky našeho experimentu by neměly znamenat uzavření tématu využití hmyzu, jakožto možného substituentu rybí moučky v krmivu pro okouna říčního, jelikož experimenty věnující se tomuto tématu u jiných karnivorních druhů ryb dospěly i k pozitivním závěrům. Nicméně je při dalších výzkumech zabývajících se touto problematikou v souvislosti s okounem říčním nutné věnovat pozornost jiným druhům hmyzu, či vyzkoušet jiný poměr zastoupení cvrčka domácího a larev potemníka peruánského. Dále je nutno otestovat substituci jiného procenta rybí moučky, nežli je substituce 25% a zaměřit se na zvýšení atraktivnosti takto připraveného krmiva. Možné je i zvážení jiných způsobů úpravy krmného hmyzu. Z hlediska využití hmyzu jako náhrady rybí moučky v krmivech je nutno brát zřetel na nízký obsah n -3 mastných kyselin ve většině druhů hmyzu a zajistit, aby se tento deficit následně negativně neprojevoval v obsahu n -3 mastných kyselin ve svalovině ryb. Ryby jsou v lidské stravě nenahraditelným zdrojem n -3 mastných kyselin a snižování jejich obsahu ve svalovině ryb, použitím o tyto kyseliny ochuzených krmiv, je z hlediska nutriční hodnoty rybího masa nežádoucí.

7 Seznam použité literatury

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010. Aplikovaná hydrobiologie (2. rozšířené upravené vydání), FROV JU, Vodňany, 350 s.
- Akiyama, T., Murai, T., Hirasawa, Y., Nose, T., 1984. Supplementation of various meals to fish meal diet for chum salmon fry. *Aquaculture* 37, 217-222.
- 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*) fingerlings, *Aquaculture Research* 43, 412-420.
- Appelqvist, L.Å., 1968. Rapid methods of lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation for seed and leaf tissue with special remarks on preventing the accumulation of lipid contaminants. *Arkiv for Kemi*, 28, 551-570.
- Barroso, F.G., Sanchez-Muros, M.J., Manzano-Agugliaro, F., 2013. Insect meal as renewable source of food for animal feeding. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16-27.
- Barroso, F.G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martinez-Sanchez, A., Perez-Bañan, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422-423, 193-201.
- Barrows, F.T., Bellis, D., Krogdahl, A., Silverstein, J.T., Herman, E.M., Sealey, W.M., Rust, M.B., Gatlin, D.M., 2008. Report of plant products in aquafeeds strategic planning workshop: an intergrated interdisciplinary roadmap for increasing utilization of plant feedstuffs in diets for carnivores fish. *Rev. Fish. Sci.* 16, 449-455.
- 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. *Mihulovci Petromyzontes a ryby Osteichthyes*. Nakladatelství akademie věd České republiky, Praha, č. 1, 366-380.
- Bastl, B., 1969. Spawning of pike perch (*Stizostedion lucioperca* L.) in bottom nests in condition of the Orava reservoir (Northern Slovakia). *Práce Labor. Rybářstva SAV*, 2: 159-184.
- Beardmore, J.A., Mair, G.C., Lewis, R.I., 2001. Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Aquaculture* 197, 283-301.

- Beeck, P., Tauber, S., Kiel, S., Borcharding, J., 2002. 0+ perch predation on 0+ bream: a case study on a eutrophic gravel pit lake. *Freshwater Biology* 47, 2359-2369.
- Bell, J.G., Ghioni, C., Sargent, J.R., 1994. Fatty acid compositions of 10 freshwater invertebrates which are natural food organisms of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*): a comparison with commercial diets. *Aquaculture* 128, 301-313.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C.C., Paoletti, M.G., Ricci, A., 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 12 (3), 296-313.
- Berg, L.S., 1933. Ryby. Marsipobranchii i Pisces. Fauna SSSR i sopredel'nykh stran. 3. Izd. Leningrad, č. I, 543 p.
- Bláha, M., 2006. Potravní biologie plůdku okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) v rybničním chovu. Diplomová práce, ZF JU, České Budějovice, 65 s.
- Brown, P.B., Dabrowski, K., Garling, D.L., 1996. Nutrition and feeding of yellow perch (*Perca flavescens*). *Journal of Applied Ichthyology*, 12, 171-174.
- Burel, C., Boujard, T., Escaffre, A.M., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Mol, K.A., Van der Geyten, S., Kühn, E.R., 2000. Dietary low glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilisation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition* 83, 653-664.
- Carvalho, R., 1999. A Amazônia rumo ao 'Ciclo da Soja'. *Amazonia Papers* v. 1, n. 2. Amigos da Terra, Programa Amazônia, 1999. <http://www.amazonia.org.br/>
- Coles, T.F., 1981. The distribution of perch, *Perca fluviatilis* L. throughout their first year of life in Llyn Tegid, North Wales. *Journal of fish biology*, 18: 15-30.
- Craig, J.F., 2000. Percid fishes: Systematic, Ecology and Exploitation. *Fish and Aquatic Resources series 3*, Blackwell Science Eds., 352 p.
- Čech, M., Kratochvíl, M., Kubečka, V., Draštík, V., Matěna J., 2005. Diel vertical migrations of bathypelagic perch fry. *Journal of Fish Biology*, 66, 685-702.
- Černý, K., 1973. Pohybová aktivita plůdku některých druhů ryb v přirozených podmínkách Klíčavské údolní nádrže. *Acta Mus. Reginae-hradecensis, S. A, Sci. Natur.*, 14: 105-120.
- Čihař, J., 1961. Růst ryb ve Slapské údolní nádrži v roce 1959. *Sbírka ČSAZV, Živočišná výroba*, 6 (4): 295-302.

- Dyk, V., 1944. Naše ryby. Nakladatelství Promberger, Olomouc, 1. vydání 1944.
- Esteban, M.A., Cuesta, A.J., Ortuna, J., Mesegue, J., 2001. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. *Fish Shellfish Immunol.* 11, 303-315.
- Fabricius, E., 1951. The topography of the spawning bottom as a factor influencing the size of the territory in some species of fish. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 32: 43-50.
- FAO, 2012. State of the world fisheries. <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf>
- FAO, 2017a. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en>, navštíveno 24.1.2017.
- FAO, 2017b. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>, navštíveno 24.1.2017.
- Finke, M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21, 269–285.
- Fiogbé, E.D., Kestemont, P., Mélard, C., Micha, J.C., 1996. The effects of dietary crude protein on growth of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). *Aquaculture* 144, 239-249.
- Fiogbé, E.D., Kestemont, P., 2003. Optimum daily ratio for Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture* 216, 234-252.
- Fontaine, P., Kestemont, P., 2008. Preface. In: 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, 8-9.
- Fontaine, P., Kestemont, P., Mélard, C., 2008. Broodstock management. In: Rougeot, C., Toner, D. (eds.). *Farming of Eurasian Perch*, Special publication BIM no. 24, Dublin, Ireland, 16-22.
- Frič, A., 1908. České ryby a jejich cizopasníci. 2. vydání, Praha 78 pp., 111 obr.
- Gasco, L., Gai, F., Piccolo, G., Rotolo, L., Lussiana, C., Molla, P., Chatzifotis, S., 2014a. Substitution of fishmeal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles. In: Vantomme, P., Munke, C., van Huis, A. (Eds.), 1st international Conference „Insects to Feed the World“. Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, 70 p.

- Gasco, L., Belforti, M., Rotolo, L., Lussiana, C., Parisi, G., Terova, G., Roncarati, A., Gai, F., 2014b. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Vantomme, P., Munke, C., van Huis, A. (Eds.), 1st international Conference „Insects to Feed the World“. Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, 69 p.
- Gerstmeier, R., Romig, T., 2003. Sladkovodní ryby Evropy. Vydavatelství Víkend, Český Tešín, 326-329.
- Ghaly, A.E., Alkoaik, F.N., 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. Am. J. Agric. Biol. Sci. 4, 319-331.
- Hall, G.M., 1992. Fish processing technology. In: Ockerman, H.W., Fishery By-products. VCH Publishers, New York, USA, 152-192.
- Hamáčková, J., Sedova, M.A., Pjanova, S.V., Lepičová, A., 2001. The effect of 2-Pheoxyethanol clove oil and Propiscin anaesthetics on perch (*Perca fluviatilis*) in relation to water temperature. Czech Journal of Animal Science 46, 469-473.
- Hanel, L., Lusk, S., 2005. Ryby a mihule České republiky. Vydal Český svaz ochránců přírody Vlašim, 1. vydání, 355-357.
- Hara, A., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with low toxicity solvent. Analytical Biochemistry, 90, 420-426.
- Hardouin, J., Mahoux, G., 2003. Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. In: Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM), 164 p.
- 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.
- Hergenrader, G. L., Hasler, A. D., 1967. Seasonal changes in swimming rates of yellow perch in Lake Mendota as measured by sonar. Transactions of the American Fisheries Society, 96, 373-382.
- Holčík, J., 1965. Dynamika rybích populací vo vodárenskej údolnej nádrži Klíčava. Kand. dis. práce. Přírodovědecká fakulta UK Praha, 263 s.
- Chevey, P., 1925. Recherches sur la perche et le bar. Bulletin biologique de la France et de la Belgique, Paris.

- Iljina, L.K., 1970. O raznokačesvennosti molodi i neravnomernosti rosta češui u segoletkov okunja *Perca fluviatilis* L. Vopr. ichtiol., 10, 170-175.
- Jacquemond, F., 2004. Separated breeding of perch fingerlings (*Perca fluviatilis* L.) with and without initial inflated swim bladder: comparison of swim bladder development, skeleton conformation and growth performances. *Aquaculture* 239, 261-273.
- Jabir, M.D.A.R.J., Razak, S.A., Vikineswary, S., 2012. Nutritive potential and utilization of superworm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *Afr. J. Biotechnol.* 11, 6592-6598.
- Kestemont, P., Mélard, C., 2000. Chapter 11 – Aquaculture. In: Craig, J.F. (ed.). Percids Fishes – Systematics, Ecology and Exploitation Fish and Aquatic Resources Series 3, Blackwell Sciences, 191-224.
- Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri, M., Baras, E., 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 227, 333-356.
- Kestemont, P., Rougeot, C., Musil, J., Toner, D., 2008. Larval and Juvenile Production. In: Rougeot, C., Toner, D. (eds). Farming of Eurasian Perch, Special publication BIM no. 24, Dublin, Ireland, 30-41.
- Kouřil, J., Linhart, O., 1997. Temperature effect on hormonally induced spawning in perch (*Perca fluviatilis*). *Polish Archives of Hydrobiology* 44, 197-202.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., 1999. Artificial of perch propagation of European perch (*Perca fluviatilis* L.) by means of a GnRH analogue. *Czech Journal of Animal Science* 44, 309-316.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Lepič, P., Mareš, J. 2001. Poloumělý a umělý výtěr okouna říčního. *Edice Metodik, VÚRH JU Vodňany*, č. 68, 11 s.
- Kouřil, J., Hamáčková, J., Stejskal, V., 2008. Recirkulační akvakulturní systémy pro chov ryb. *Edice metodik (Technologická řada), FROV JU, Vodňany*, č. 85, 40 s.
- Kucharczyk, D., Kujawa, R., Mamczarz, A., Skrzypczak, A., Wyszomirska, E., 1996. Induced spawning in perch, *Perca fluviatilis* L. using carp pituitary extract and HCG. *Aquaculture Research* 27, 847-852.

- Lall, S.P., Anderson, S., 2005. Amino acid nutrition of salmonids: dietary requirements and bioavailability. In: Montero, D., Basurco, B., Nengas, I., Alexis, M., Izquierdo, M. (Eds.). *Cahiers Options Méditerranéens*. CIHEAM, Zaragoza, Spain, 73-90.
- 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* 37, 315-334.
- Ljunggren, L., Staffan, F., Falk, S., Lindén, B., Mendes, J., 2003. Weaning of juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) to formulated feed. *Aquaculture Research* 34, 281-287.
- 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.
- 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.
- Mélar, C., Kestemont, K., Baras, E., 1995. Premiers resultats de l'élevage intensif de la perche (*Perca fluviatilis*) en bassin: effet de la temperature et du tri sur la croissance. *Bulletin Francaise de la Peche et Pisciculture* 336, 19-27.
- Mélar, C., Kestemont, P., Grignard, J.C., 1996. Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*Perca fluviatilis*): Effect of major biotic and abiotic factors on growth. *Journal of Applied Ichthyology* 12, 175–180.
- Migaud, H., Gardeur, J.N., Fontaine, P., 2001. Influence of the photoperiod regime on the broodstock maturation and the eggs and larval quality in the Eurasina perch, *Perca fluviatilis*. In: E.A.S. (ed.), *LARVI 2001*, Ghent, Belgium 30, 375–377.
- Molnár, T., Hancz, Cs., Bódis, M., Müller, T., Bercsényi, M., Horn, P., 2004. The effect of intial stocking density on growth and survival of pike-perch fingerlings reared under intensive conditions. *Aquaculture International* 12, 181-189.
- Moon, S.J., Lee, J.W., 2015. Current views on insect feed and its future. *Entomological Research*, 45, 283-285.
- 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*). *Aquaculture Research* 32, 273-280.

- Osava, M., 1999. Environment Brazil: Soy Production Spreads, Threatens Amazon, Inter Press Service. <http://www.ipsnews.net/1999/09/environment-brazil-soy-production-spreads-threatens-amazon/>
- Oliva, O., Holčík, J., 1965. The estimation of the fish population in the Klíčava valley reservoir. Věst. čs. Společ. zool., 29 (3), 249-254.
- 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. In: Vantomme, P., Munke, C., van Huis, A. (Eds.), 1st international Conference „Insects to Feed the World“. Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, 68 p.
- Policar, T., Kouřil, J., Hamáčková, J., 2008a. Induced artificial and semiartificial spawning by Supergestran in perch (*Perca fluviatilis*) under different temperature. In: Fontaine, P., Kestemont, P., Teletchea, F., Wang, N. (eds.). Percid Fish Culture – From Research to Production, Namur, Belgium, 124-125.
- Policar, T., Toner, D., Alavi, S.H.M., Linhart, O., 2008b. Reproduction and Spawning. In: Rougeot, C., Toner, D. (eds.). Farming of Eurasian Perch, Special publication BIM no. 24, Dublin, Ireland, 22-29.
- Policar, 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.
- Policar, T., Alavi, S.M.H., Stejskal, V., Křišťan, J., Kouřil, J., 2011. Umělý a poloumělý výtěr okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) používaný k masové produkci embryí. Edice metodik (Technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 117, 24 s.
- Policar, T., Blecha, M., Křišťan, J., 2014. Optimalizace umělé inkubace jiker u okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) v kontrolovaných podmínkách chovu. Edice metodik (Technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 159, 33 s.
- Ramos-Elorduy, J., Bourges, H., Pino, J.M., 1982. Valor nutritivo y calidad de la proteína de algunos insectos comestibles de México. Folia Entomol. Mex. 53, 111-118.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J.M.P., Prado, E.E., Perez, M.A., Otero, J.L., de Guevara, O.L., 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. J. Food. Comp. Anal. 10, 142-157.

- Ramos-Elorduy, J., Avila Gonzales, E., Rocha Hernandez, A., Pino, J.M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J. Econ. Entomol.* 95, 214-220.
- Ramos-Elorduy, J., Medeiros-Costa, E., Ferreira-Santos, J., Pino-Moreno, J.M., Landero-Torres, I., Ángeles-Campos, S.C., García-Pérez, A., 2006. Estudio comparativo del valor nutritivo de varios coleoptera comestibles de México y *Pachymerus nucleorum* F. De Brasil. *Interciencia* 31, 512-516.
- Rougeot, C., Bervillers, C., Prignon, C., Gustin, D., Guidice, M.D., Vandecan, M., Mélard, C., 2007. Growth improvement of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) using domesticated strains under intensive rearing conditions. *Aquaculture* 272 (Suplement), 306 p.
- Rougeot, C., Mélard, C., 2008. Genetic improvement of growth. In: Rougeot, C., Toner, D. (eds). *Farming of Eurasian Perch*, Special publication BIM no. 24, Dublin, Ireland, 42–51.
- Rougeot, C., Fontaine, P., Mandiki, S.M.N., 2008. Perch description and biology. In: Rougeot, C., Toner, D. (eds). *Farming of Eurasian Perch*, Special publication BIM no. 24, Dublin, Ireland, 12-15.
- Sakai, M., Kamiya, R., Ishii, S., Atsuta, S., Kobayashi, M., 1992. The immunostimulating effects of chitin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Shariff, M., Subasinghe, R.P., Arthur, J.P. (Eds.). *Diseases in Asian Aquaculture*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, 413-417.
- Salze, G.P., Davis, D.A., 2015. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. *Aquaculture* 437, 215 – 229.
- Spreen, K.A., Zikakis, J.A., Austin, P.R., 1984. The effect of chitinous materials on the intestinal microflora and the utilization of whey in monogastric animals. In: Zikakis, J.P. (Ed.), *Chitin, Chitosan and Related Enzymes*. Academic Press, Orlando, FL, USA, 57-75.
- St-Hilaire, S., Cranfill, K., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Tomberlin, J.K., Newton, L., Sealey W, Sheppard C, Irving S .2007a. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38, 309-313.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., Sealey, W., Irving, S., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W., 2007b. Fly prepupae as a feedstuff for

- rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of the World Aquaculture Society, 38, 59-67.
- Stehlík, J., 1969. The fecundity of perch (*Perca fluviatilis* L.), in the Klíčava water reservoir. Věst. čs. Společ. zool., 33 (1): 88-95.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., De Haan, C.p.R.F., 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options, FAO, Rome, Italy.
- Stejskal, V., Kouřil, J., 2006. Potravní adaptace plůdku okouna říčního na podmínky intenzivního chovu. Bulletin VÚRH Vodňany 42, 18-24.
- Stejskal, V., Polícar, T., Musil, J., Kouřil, J., 2007. Adaptace různých velikostí plůdku okouna říčního na umělé krmivo. Bulletin VÚRH Vodňany 43, 41-46.
- Stejskal, V., Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J., 2010. Produkce tržního okouna říčního (*Perca fluviatilis*) kombinací rybníčního a intenzivního chovu. Edice Metodik (Technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 105, 34 s.
- Strobel, C., Jahreis, G., Kuhnt, K., 2012. Survey of *n*-3 and *n*-6 polyunsaturated fatty acids in fish and fish products. Lipids in Health and Disease, 11, 144.
- Sushchik, N.N., Gladyshev, M.I., Moskvichova, A.V., Makhutova, O.N., Kalachova, G.S., 2003. Comparison of fatty acid composition in major lipid classes of the dominant benthic invertebrates of the Yenisei river. Comp. Biochem. Physiol. B: Biochem. Mol. Biol. 134, 111-122.
- Švátora, M., 1986. Okoun říční. Praha, ČRS, 82 p.
- Tamazouzt, L., Dubois, J.P., Fontaine, P., 1993. Production et marché actuels de la perche *Perca fluviatilis* L. en europe. La Pisciculture Francaise 114, 4-8.
- Tamazouzt, L., Chatain, B., Fontaine, P., 2000. Tank wall colour and light level affect growth and survival of Eurasian perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). Aquaculture 182, 85-90.
- Thorpe, J.E., 1974. Trout and perch populations at Loch Leven, Kinross. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences, 74, 295-313.
- Treasurer, J.W., 1981. Some aspects of the reproductive biology of perch *Perca fluviatilis* L. Fecundity, maturation and spawning behaviour. Journal of Fish Biology 18, 729-740.
- van Huis, A., Itterbeeck, J.V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P., 2013. Edible Insects – Future Prospects for Food and Feed Security. FAO, Forestry paper, 171 p.

- Velíšek, J., Stejskal, V., Kouřil, J., Svobodová, Z., 2009. Comparison of the effects of four fish anaesthetics on biochemical blood profile of perch (*Perca fluviatilis* L.) Aquaculture Research 40, 354-361.
- Vostradovský, J., 1962. K bionomii okouna říčního (*Perca fluviatilis* L.) v údolní nádrži Mšeno. Sbírnka Severočeského muzea, přírodní vědy, 2, 159-173.
- Vostradovský, J., 1970. Fishery in Czechoslovakia. The two lakes second fish mgmt. Training course repts., Janson Serv., Dalmany house, London, 3: 127-137.
- Wang, D., Zhai, S.W., Zhang, C.X., Bai, Y.Y., An, S.H., Xu, Y.N., 2005. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 18, 667-670.
- Watson, L., 2008. The European market for perch (*Perca fluviatilis*). In: 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, 10-14.
- Weatherlay, A.H., 1963. Zoogeography of *Perca fluviatilis* and *Perca flavescens* with special reference to the effects of high temperature. Proceedings of the Zoological Society of London, 141, 557-576.
- Web firmy Anapartners s.r.o., 2017. <http://anapartners.org/>, navštíveno 24.3.2017.
- Webster, C.D., Goodgame-Tiu, L.S., Tidwell, J.H., 1995. Total replacement of fish meal by soy bean meal, with various percentages of supplemental L-methionine, in diets for blue catfish, *Ictalurus furcatus*. Aquaculture Research 26, 299-306.
- Xu, X., Fontaine, P., Mélard, C., Kestemont, P., 2001. Effects of dietary fat levels on growth, feed efficiency and biochemical compositions of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). Aquaculture International, 9, 437-449
- Yen, A.L., 2015. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. Journal of Insects as Food and Feed, 1: 33-55.
- Yi, L., Lakemond, C.M.M., Sagis, L.M.C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M.A.J.S., 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insects species. Food Chem. 141, 3341-3348.

Ying, F., Long, S., 2010. Common edible wasps in Yunnan Province, China and their nutritional value. In: Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N., Shono, K. (Eds.). *Forest Insects as Food: Humans Bite Back*, FAO, Bangkok, Thailand, 93-98.

8 Přílohy

Příloha č. 1. Krmiva využitá k experimentu, kontrolní krmivo (vlevo) a krmivo s přídavkem hmyzu (vpravo) (Foto J. Turek).



Příloha č. 2. Nádrž využitá pro odchov ryb v průběhu experimentu provedeného v provozu firmy Anapartners s.r.o.



Příloha č.3. Nádrže využívané k odchovu ryb v průběhu experimentu provedeného v ERPP ve Vodňanech (Foto J. Turek).



Příloha č. 4. Foto z přeměření ryb během experimentu provedeného v ERPP ve Vodňanech (Foto J. Turek).



Abstrakt

Porovnání účinnosti peletovaného krmiva s obsahem hmyzu a směsi s běžným složením při odchovu okouna říčního (*Perca fluviatilis*) v poloprovozních podmínkách

Tato práce se zabývá možností využití hmyzu, jakožto potenciálního zdroje proteinů v umělém krmivu pro okouna říčního (*Perca fluviatilis*). V konvenčním krmivu bylo nahrazeno 25 % rybí moučky moučkou vyrobenou z dospělců cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a larev potemníka peruánského (*Zophobas morio*). Proběhly celkem dva 12 týdnů dlouhé experimenty, první v Experimentálním rybochovném pracovišti a pokusnictví Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské Univerzity ve Vodňanech a druhý v komerčním provozu firmy Anapartners s.r.o. v Praze Horních Počernicích. Hodnoceny byly produkční ukazatele chovu a také proběhla analýza obsahu tuků a mastných kyselin ve svalovině ryb, jako důležitého ukazatele její nutriční hodnoty.

Ryby krmené experimentálním krmivem vykázaly po skončení obou experimentů nižší délkový a hmotnostní přírůstek a horší konverzi krmiva oproti rybám krmeným kontrolní dietou. Během experimentu a po jeho skončení nebyl pozorován vliv krmiva na přežití ryb. Dále nebyly pozorovány změny v obsahu tuků ve svalovině ryb, nicméně byly pozorovány změny v obsahu jednotlivých mastných kyselin. U ryb krmených experimentálním krmivem se mimo jiné zvýšil obsah kyseliny linolové (C18:2n-6) a také celkový obsah n-6 mastných kyselin, naopak obsah n-3 mastných kyselin ve svalovině klesl více nežli u ryb krmených krmivem kontrolním. To ovlivnilo i výsledné hodnoty poměru obsahu n-6 mastných kyselin ku n-3 mastným kyselinám, kdy se tento poměr výrazněji zvýšil u experimentální skupiny ryb. Změny v obsahu mastných kyselin ve svalovině byly malé a neovlivnily tak její nutriční hodnotu z pohledu lidské konzumace. Při dalších experimentech zabývajících se tímto tématem je nutno zaměřit se na otestování jiných druhů hmyzu či upravit množství substituované rybí moučky.

Klíčová slova: hmyz, krmivo, obsah mastných kyselin, okoun říční, produkční ukazatele chovu, rybí moučka

Abstract

Comparison of the Effectiveness of the Pelleted Feed Containing Insects and of the Mixture with the Conventional Composition in the Case of Eurasian Perch (*Perca fluviatilis*) Breeding in the Pilot Plant

This thesis deals with the possibility of using insects as a potential source of proteins in artificial feed for Eurasian perch. In conventional feed, 25 % of fish meal was replaced by meal from adult *Acheta domestica* and *Zophobas morio*. There were performed two 12-week long experiments, the first one in the Experimental Fishery Workplace at the Faculty of Fisheries and Water Protection of the University of South Bohemia in Vodňany and the second one in the commercial operation of Anapartners s.r.o. Company in Prague Horní Počernice. The production indicators of the breed were evaluated and the fat and fatty acids in the fish muscles were analyzed as an important indicator of its nutritional value.

At the end of both experiments, fish fed by experimental feeds showed lower length and weight gains and worse feed conversion, compared to fish fed by control diet. During the experiment and after its completion, the feed effect on fish survival were not noticed. Furthermore, there were not found any changes in fat content in fish muscles, but changes in the content of individual fatty acids were noticed. In fish fed with experimental feed, the content of linoleic acid (C18: 2n-6) increased as well as the total content of n-6 fatty acids, on the contrary, the content of n-3 fatty acids in the fish muscle decreased more than in fish fed by control diet. This also affected the resulting ratio of the n-6 fatty acid to n-3 fatty acid ratio, while this ratio increased significantly in the experimental fish group. Changes in fatty acids content in fish muscle were small and did not affect its nutritional value from the perspective of human consumption. In other experiments dealing with this topic, it is necessary to focus on testing of other insect species or to modify the quantity of substituted fishmeal.

Key words: insects, feed, fatty acids content, Eurasian perch, production indicators of the breed, fish meal

