

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybnářství a ochrany vod

Ústav akvakultury

## Bakalářská práce

# **Vliv krmení ranného plůdku jesetera malého (*Acipenser ruthenus*) obohacenými naupliemi žábřonožky (*r. Artemia*) na jeho růst a přežití**

**Autor:** Jan Volský

**Vedoucí bakalářské práce:** M.Sc. Katsiaryna Novikava

**Konzultant bakalářské práce:** Prof. Ing. Jan Kouřil, Ph.D.

**Studijní program a obor:** B4103 Zootechnika, Rybnářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** 3.

České Budějovice, 2017

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 dne 5. 5. 2017

Jan Volský

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucí své bakalářské práce M.Sc. Katsiaryně Novikavě za odborné vedení při řešení bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Prof. Ing. Janu Kouřilovi PhD. za umožnění spolupráce a velmi cenné rady v průběhu řešení bakalářské práce. Stejně tak patří můj velký dík pracovníkům Laboratoře řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb v Českých Budějovicích za jejich ochotu a obětavost při realizaci této práce.

Také děkuji své rodině za to, že mi umožnili studium na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích a všem svým přátelům, kteří mi byli po celou dobu tvorby bakalářské práce oporou.



# Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled .....	10
2.1. Jeseteři .....	10
2.1.1. Taxonomické zařazení .....	10
2.1.3. Důvody úbytků jeseterů ve volných vodách.....	12
2.1.4. Technologie chovu.....	13
2.1.5. Prelarvální období.....	14
2.1.6. Období po zahájení exogenní výživy – rozkrm .....	14
2.2. Žábronožky (r. <i>Artemia</i> ).....	15
2.2.1. Taxonomické zařazení .....	15
2.2.2. Obecná charakteristika.....	15
2.2.3. Obohacování artemie .....	16
2.2.4. Rozkrm pomocí artemie.....	16
2.3. Vliv mastných kyselin .....	17
3. Materiál a metodika .....	19
3.1. Popis experimentálního systému .....	19
3.1.1. Líhnutí artemie.....	20
3.1.2. Popis vlastního experimentu .....	21
3.1.3. Denní režim a harmonogram celého pokusu .....	21
3.1.4. Sledované parametry.....	22
3.2. Analýza mastných kyselin .....	23
3.3. Statistická analýza.....	24
4. Výsledky .....	26
4.1. Analýza obohacené artemie .....	26
4.2. Růstové parametry .....	27
4.2.1. Celková délka těla.....	27
4.2.2. Hmotnostní parametry .....	28
4.2.3. Specifická hodnota růstu, navýšení tělesné hmotnosti, variační koeficient konečné hmotnosti těla.....	29
4.3. Kanibalismus a přežití .....	30
4.4. Složení mastných kyselin v larvách jesetera.....	31

5. Diskuze .....	34
6. Závěr .....	38
7. Přehled použité literatury .....	39
8. Přílohy.....	44
8. Abstrakt.....	46
9. Abstract.....	47

# 1. Úvod

Jednou z nejstarších žijících skupin paprskoploutvých ryb, je čeleď jeseterovitých (*Acipenseridae*), která zahrnuje čtyři rody *Acipenser*, *Huso*, *Scaphirhynchus* a *Pseudoscaphirhynchus* a v nich 27 druhů (Birnstein, 1993). Tato jedinečná linie chrupavčitých ryb dnes čelí nebezpečí vyhynutí. Hlavními důvody jsou znečištěné prostředí, ztráta vhodných habitatů, přehrazené vodní toky a příliš vysoký rybářský tlak. Přes mnohé programy zasazující se o jejich reintrodukcii do volných vod a zavádění limitů výlovků dochází k neustálému poklesu jeseteřích populací (Rosenthal a kol., 2006). Důsledkem toho, vzrostly požadavky na umělý chov jeseterů. Především z důvodu produkce kaviáru, ačkoliv pohlavní zralost jikernaček nastává, za pět až patnáct let, v závislosti na daném druhu (Mims a kol., 1998).

Umělý chov jeseterů má 140 let starou historii (Hochleithner, 2004). První pokusy o akvakulturní reprodukci a odchovy v Evropě a Severní Americe jsou zaznamenány z let 1880-1920, nicméně s negativním efektem. Okolo roku 1930 se povedlo v tehdejší Svazu sovětských socialistických republik (SSSR) zvládnout úspěšnou reprodukci jeseterů. První podařený umělý výtěr mimo území SSSR byl uskutečněn u jesetera bílého (*Acipenser transmontanus*) v roce 1979 na Kalifornské univerzitě ve Spojených státech amerických (Gela a kol., 2009). S celosvětovým rozvojem vědy a techniky se mnohé procesy a metody změnily a chov jesetera zaznamenal v globální akvakultuře velký posun vpřed (Hochleithner, 2004).

Úspěch odchovu rybího plůdku v kontrolovaných podmínkách prostředí spočívá především v optimálním poměru kvalitního krmení, jež obsahuje důležité živiny pro růst, přežití a imunitu. Nezbytně důležité je, aby takové krmení dokázal rybí plůdek účinně strávit. Nejvýznamnějším zdrojem energie pro larvy ryb jsou lipidy a mastné kyseliny. Jejich dostupnost ovšem klesá po přechodu larev na exogenní výživu (Hafezieh a kol., 2010). Polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým uhlíkovým řetězcem (PUFA), např. kyselina eikosapentaenová (EPA; 20:5 n-3), nebo kyselina dokosahexaenová (DHA; 22:6 n-3) jsou důležité pro správný růst a vývoj rybího plůdku. Ten si je ovšem nedokáže sám syntetizovat *de novo* (Bergé a kol., 2005). Z tohoto důvodu je důležité poskytnout larvám vhodnou potravu, která obsahuje dostatečné množství těchto látek. (Hafezieh a kol., 2010).

V současné akvakultuře se pro odkrm rybího plůdku často využívá žábřonožka solná (artemie, *Artemia salina*). Přirozeně ovšem obsahuje pouze malé množství EPA a DHA.

V důsledku toho je nezbytné její obohacení o lipidy bohaté na esenciální mastné kyseliny (essential fatty acid - EFA), jež jsou nezbytné pro správný růst a vývoj (Copeman a kol., 2002; Hawkyard a kol., 2016). Obohacování může být klíčovým faktorem v produkci živé potravy přesně odpovídající potřebě vyžadovaného nutričního profilu rybích larev (Fehér a kol., 2013). Mnoho studií již potvrdilo pozitivní účinek obohacování živé potravy na přežití a přírůstek při odkrmu různých druhů ryb, a proto se momentálně pozornost v akvakultuře ubírá tímto směrem (Koven a kol., 2001; Bell a Sargent, 2003).

Cílem této práce bylo posoudit účinek obohacené artemie o dvě komerční emulze (Red Pepper a Olioo3) na přírůstek, přežití a složení mastných kyselin u larev jesetera malého (*Acipenser ruthenus*). Součástí práce bylo také posoudit vliv různé doby krmení živou potravou na vývoj plůdku.



## 2. Literární přehled

### 2.1. Jeseteři

Jeseteři patří taxonomicky do nadřádu chrupavčitých ryb (*Chondrostei*) a řadí se mezi jedny z nejstarších obratlovců žijící na naší planetě. První důkazy o jejich přítomnosti pocházejí z období svrchní jury, tedy z období před více než 66 - 97 mil. lety (Berg, 1940). Předpokládá se však, že jejich vývoj započal před více než 250 mil. lety, tedy již v období spodní jury (Bemis a kol., 1997). Vzhledem k tomu, že během této dlouhé etapy nedošlo u jeseterů k žádným významným morfologickým změnám, jsou často označováni jako živoucí fosilie (Krieger a kol., 2002).

#### 2.1.1. Taxonomické zařazení

Řád jeseteři (*Acipenseriformes*) je rozdělen na dvě čeledi, a to veslonosovití (*Polyontidae*) a jeseterovití (*Acipenseridae*).

**Třída:** Ryby – *Osteichthyes*

**Podtřída:** Paprskoploutví – *Actinopterygii*

**Nadřád:** Chrupavčití – *Chondrostei*

**Řád:** Jeseteři – *Acipenseriformes*

**Čeleď:** Jeseterovití – *Acipenseridae*

**Rod:** Jeseter – *Acipenser*

**Druh:** Jeseter malý – *A. ruthenus* (Linnaeus, 1758)

#### 2.1.2. Jeseter malý

Tento druh má protáhlé, vřetenovité tělo, které je v zadní části laterálně zploštělé. Charakteristickým znakem všech druhů jeseterů je chrupavčitá kostra, která je pouze na lebce částečně osifikovaná. Dalším charakteristickým rysem jsou kostěné štítky, tzv. ganoidní šupiny, které se táhnou v pěti podélných řadách od hlavy až k ocasu. Heterocerkní ocasní ploutev má horní lalok výrazně delší než spodní. Hlava je plochá, vybíhá ve špičatý rypec, tzv. rostrum a nachází se na ní čtyři hmatové vousy. Ústa jsou situována na spodině hlavy. Jícen je spojen s plynovým měchýřem. V žaludku se

nachází spirální řasa, která napomáhá trávení (Helfman, 2009). Jeseter malý má rozpolcený dolní ret a od ostatních jeseterů se dá odlišit díky obrveným vouskům, které dosahují k přednímu okraji úst. Dalším rozlišovacím znakem jsou boční štítky, kterých má více než padesát (Holčík, 1989). Hřbetní strana má zelenohnědé nebo šedohnědé zbarvení, břišní partie jsou žlutavé nebo šedavě hnědé. Hřbetní a řitní ploutev mají rezavě červené zbarvení. Laterální a ventrální štítky jsou bělavé, dorzální žlutavé (Baruš a Oliva, 1995).

### **2.1.2.1. Rozšíření**

Jeseter malý je druh, přirozeně se vyskytující v ponto-kaspickém regionu, v řekách od Bílého až po Karské moře, a v některých přítocích Baltského moře (např. řeka Duna). V severních částech Kaspického moře žije i v brakických vodách. Řeky s přirozeným výskytem jesetera malého jsou: Ural, Volha, Don, Kubáň, Dněstr, Dněpr, Dunaj, Ulm, Morava, Sáva, Tisa, Dráva, Rába, Inn, Salice a Isar. Na severu jsou řeky Jenisej, Irtyš, Ob a Severní Dvina (Hochleithner a Gessner, 1999).

V evropských zemích je v posledních letech věnovaná zvýšená pozornost dodržování platné legislativy zabývající se regulací a zákazem odlovu ryb z volných vod. Rozvíjeny jsou rovněž programy na opakovanou reintrodukci juvenilních populací do povodí Dunaje a Drávy (Gessner a kol., 2010).

### **2.1.2.2. Ekologie**

Jeseter malý je v porovnání s ostatními jesetery krátkověký druh, dožívá se nejvíce 15 let. Dorůstá do maximální délky 1,2 m a hmotnosti 16 kg. Ve volné přírodě samci pohlavně dospívají ve 3 – 5 letech a samice v 5. až 8. roce, při délce těla 0,4 – 0,5 m (Gessner a kol., 2010). Za výtěrem migruje proti proudu řek. Vzdálenost je závislá na hloubce vody. Samci připlouvají na výtěrová místa dříve než samice. Výtěr probíhá od dubna do června při teplotě vody 10 – 17 °C. Tře se na štěrkovitý substrát (Ø 1 – 7 cm) v hloubce 2 – 15m při rychlosti proudu 1,5 – 5 m.s<sup>-1</sup> (Hochleithner a Gessner, 1999). V přirozených podmínkách tvoří potravu jeseterů z větší části larvy hmyzu, dále máloštětinatí červy, měkkýši a korýši. Potravou může být rovněž zooplankton či jikry (Kottelat a Freyhof, 2007).

Ryby chované v kontrolovaných podmínkách prostředí pohlavně dospívají nepatrně dříve než ve volné přírodě a celkově dosahují větších velikostí. Jikernačky pohlavně

dozrávají v 1 až 2 letých cyklech. Mlíčáci jesetera malého mohou být využiti k výtěru několikrát do roka (Kahanec, 2014).

Relativní plodnost je 20 000 – 30 000 jiker.kg<sup>-1</sup> hmotnosti těla. Jikry měří 1,8 – 2,8 mm. Larvy jesetera malého se líhnou při teplotě vody 13 °C za 4 – 5 dní. Dosahují velikosti 6 – 7 mm a po 6 – 10 dnech začínají s příjmem exogenní potravy (Hochleithner a Gessner, 1999).

Jeseter malý je vhodnou rybou pro chov v akvakultuře. Dobře snáší podmínky rybničního chovu, je poměrně rezistentní vůči běžným nemocem ryb a také vůči mechanickému zacházení. Navíc nemá problém s přechodem na startérové krmivo. Nevýhodou je, že při manipulaci, především v letním období, brzy upadá do šoku. Z tohoto důvodu je nutný neustálý přítok čerstvé vody. Vystresované ryby totiž vylučují velké množství slizu, který jim znemožňuje dýchání (Kahanec, 2014).

Jeseter malý je jediným druhem čeledi jeseterovitých ryb, dodnes se vyskytující ve volných vodách České republiky a Slovenska. V porovnání s ostatními druhy chrupavčitých ryb dosahuje brzké pohlavní dospělosti. Z tohoto důvodu je často využíván jako vzor pro vědecké účely. V obchodní sféře se často kříží s vyzou velkou (*Huso huso*). Hybrid těchto dvou druhů se nazývá bestěr (Gela a kol., 2014).

### **2.1.3. Důvody úbytků jeseterů ve volných vodách**

Zejména díky činnosti člověka a jeho neracionálnímu chování se v současné době počet všech druhů chrupavčitých ryb ve volné přírodě dramaticky snižuje. Některé druhy jsou dokonce na pokraji vyhynutí. Podle Gely (2008) má pokles přirozeně se vyskytujících populací chrupavčitých ryb ve volných vodách následující příčiny:

1. Pravý kaviár a vysoce jakostní maso je důvodem pro nadměrný legální i nelegální obchod.
2. U jeseterovitých ryb nastává pohlavní dospělost relativně pozdě, navíc samice těchto druhů ryb se nedokážou vytírat každým rokem, ale za 2 někdy dokonce až za 4 roky.
3. Většina veslonosovitých a jeseterovitých druhů ryb podniká během svého života výrazné třecí migrace.
4. Přehrazení toků vodními díly znemožňuje jeseterům přirozeně migrovat.

5. Znečištění řek a moří má výrazný negativní vliv na kvalitu pohlavních produktů a reprodukční schopnosti ryb. Znečištění vodního prostředí zvyšuje vnímavost ryb vůči parazitům a nemocem. Je rovněž příčinou zvýšeného výskytu abnormalit.
6. V chudých a politicky nestabilních zemích, ve kterých nejsou programy a finanční prostředky na záchranu chrupavčitých ryb se jeseteři stávají nelegálním předmětem obchodování a často také končí na jídelníčku tamních lidí.

#### **2.1.4. Technologie chovu**

Celý proces odchovu všech raných stádií ryb začíná řízenou reprodukcí na specializovaných líhních (Gela a kol., 2008). Po vylíhnutí larev a stravení žloutkového váčku následuje fáze odkrmu. Tato fáze končí tehdy, kdy kompletní obsádka aktivně přijímá podávané krmivo (Gela a kol., 2012). Nejkritičtější bodem odchovu plůdku ryb je zvládnutí přechodu na předkládané granulované krmivo s vhodným nutričním složením (Gela a kol., 2014).

##### **2.1.4.1. Voda**

Špatná kvalita vody má negativní vliv na plůdek všech druhů ryb. Je příčinou fyziologických problémů, které vedou ke zpomalenému růstu (King a kol., 2000). Pro odrkm plůdku je vhodné použít stejný zdroj vody, jaký byl využíván pro inkubaci a kulení jiker. S ohledem na finanční stránku je nutné používat pouze ověřené zdroje vody. Neověřené zdroje s sebou nesou riziko zavlečení nemocí či parazitů. To může vést

ke zpomalení růstu nebo úhynu odchovávané obsádky (Gela a kol., 2014). Teplota vody v odchovných nádržích by měla být konstantně udržována v rozmezí 15 – 22 °C, minimální míra nasycení kyslíkem na odtoku 60 % a hodnota pH v rozpětí 6,5 – 8,0 (Gela a kol., 2012).

Recirkulační systém, s UV zařízením a s mechanickým a biologickým filtrem redukuje náklady odchovného zařízení. Nitrifikační a denitrifikační bakterie mají důležitou roli v biofiltračním aparátu a pokud není dostatečné osazení těmito kulturami, může docházet k intoxikaci dusitany a amoniakem (Gela a kol., 2014).

##### **2.1.4.2. Nádrže a hustota obsádky**

Rozkrmy plůdku se uskutečňují v identických nádržích, ve kterých byla realizována endogenní část vývoje. Tyto žlaby jsou snadno čistitelné, mají ideální výšku vodního

sloupce a dostačující plochu dna. (Gela a kol., 2014). U jesetera malého se v počátečním období rozkrmu doporučuje hustota obsádky 3500 ks.m<sup>-2</sup> (Panomarev a kol., 2002). S růstem plůdku je zapotřebí hustotu obsádky redukovat. U larev o velikosti 30 mm je doporučená hustota obsádky 15 ks.l<sup>-1</sup> (Gela a kol., 2014).

### **2.1.5. Prelarvální období**

V období raného vývoje plůdek nepřijímá potravu a je vyživován ze žloutkového vřívku (Detlaff a kol., 1993). V této době dochází k diferenciaci hlavních orgánových soustav. Tento proces je zakončen vývojovým rozrůzněním všech orgánových soustav a přechodem larev na exogenní výživu (Podushka, 2003).

V průběhu vývoje dochází ke změnám v chování larev při reakci na světlo. Čerstvě vykulený plůdek jesetera malého se vyznačuje kladným fototropismem a vyhledává osvětlená místa odchovných nádrží (Podushka, 2003). To lze využít k eliminaci zachycování larev na odtokové síťce jednoduchým zastíněním této části nádrže (Gela a kol., 2014). V další části vývoje plůdek mění chování a shromažďuje se v tmavších partiích nádrží. Postupně přechází z vodního sloupce na dno, kde začíná vyhledávat potravu. To je doba, kdy se může začít s předkládáním exogenní výživy. V období endogenní fáze vývoje obvykle nedochází k větším přirozeným úhynům obsádky. Ztráty se pohybují v rozmezí 5 – 10 %. Nezbytností je dbát na kontrolu kvality vody a dodržovat přísnou hygienu (Gela a kol., 2014).

### **2.1.6. Období po zahájení exogenní výživy – rozkrm**

V období přechodu plůdku na exogenní výživu narůstá mortalita z důvodu morfologických malformací v tělesné stavbě a orgánových soustavách. To může být zapříčiněno chovatelskými chybami již v průběhu líhnutí plůdku a nevhodnými podmínkami prostředí pro odchov, ale také genetickými predispozicemi (Chikhachev, 1996).

Jeseterovité ryby začínají aktivně vyhledávat potravu okolo desátého dne po vykulení při teplotě vody 15 °C. Toto období je nutné pečlivě monitorovat a v pravou chvíli začít podávat výživově vhodné krmivo (Gela a kol., 2014). Pro správný vývoj a růst se při počátečním odkrmu všech druhů jeseterovitých ryb uplatňuje živá potrava. Nejběžněji

se používají vířníci (*Rotifera*), perloočky (*Cladocera*), klanonožci (*Copepoda*) ale také nitěnky (*Tubificida*), patentky a různá stádia artemie. Granulovaná krmiva nejsou plnohodnotnou alternativou (Williot a kol., 2001).

Během krmení je vhodné snížit hladinu vody v nádržích z důvodu omezení výdaje energie plůdku při vyhledávání potravy. Pro větší přežití a lepší růst je rovněž možné zvýšit salinitu vody o 1 – 2 ‰ (Chebanov a Galichová, 2013). Důležité je obsádku nepřekrmovat a v pravidelných intervalech (po cca 3 hodinách) odstraňovat nezkonsumovanou potravu a nahrazovat ji čerstvým krmivem (Gela a kol., 2014).

## **2.2. Žábřonožky (r. *Artemia*)**

### **2.2.1. Taxonomické zařazení**

**Kmen:** *Arthropoda*

**Podkmen:** *Crustacea*

**Třída:** *Branchiopoda*

**Řád:** *Anostraca*

**Čeleď:** *Artemiidae*

**Rod:** *Artemia* (Linnaeus, 1758)

### **2.2.2. Obecná charakteristika**

Žábřonožky jsou taxonomicky zařazeny mezi korýše. Obývají slané vody, především vnitrozemské laguny a jezera (Kouba a kol., 2009). Jejich velikost je různá a může dosáhnout 6 – 30 mm). Žábřonožky mají schopnost velice rychlého a efektivního rozmnožování. Reprodukují se jednak bisexuálně a také partenogeneticky. Při partenogenezi jsou snůšky vajíček kladeny ve velkých vrstvách na břehy jezer a lagun (Hartman a kol., 1998). Při bisexuálním způsobu rozmnožování záleží na podmínkách prostředí. Pokud jsou příznivé, rozmnožují se ovoviviparií a rodí živá nauplia I. řádu. Při nepříznivých podmínkách kladou metabolicky neaktivní vajíčka, označovaná jako cysty (Criel a Macrae, 2002). Tyto vajíčka jsou tvořena třemi vrstvami. První nejpevnější lipoproteinová vrstva, je prostoupena hematinem a chitinem. Plní funkci filtru před UV zářením a chrání embryo před mechanickým poškozením. Vnější kutikula je druhá vrstva obalu a je záštitou před proniknutím molekul, větších než CO<sub>2</sub>.  
Třetí vrstvou

je embryonální kutikula, která je velice pružná a téměř celá průhledná. Ke konci inkubace se embryonální kutikula přeměňuje v líhnoucí membránu (Kouba a kol., 2009).

Nutriční profil žábronožky představuje přibližně 50 – 56 % bílkovin, 12 – 23 % tuků a 4 – 17 % sacharidů. Množství jednotlivých komponentů je proměnlivé v závislosti na lokalitě a životním stádiu, ve kterém se žábronožky nacházejí (Kouba a kol., 2009).

### **2.2.3. Obohacování artemie**

Pro odkrm raných stádií ryb jsou nejčastěji využívány artemie ve stádiu I. a II. instaru (Léger a kol., 1987). Nevýhodou žábronožky je její nedostatečný nutriční profil, potřebný pro správný vývoj a růst odkrmovaného rybiho plůdku. Jedná se především o absenci celkového množství omega-3 PUFA (Sorgeloos a kol., 1991). Nutriční profil se dá vylepšit pomocí metody obohacování. Žábronožky jsou filtrátoři, a proto je lze celkem jednoduše obohatit o specifické složky pouhou volbou předkládaného krmiva (Sorgeloos a kol., 2001). Proces obohacování začíná ihned po líhnutí nauplií a s ohledem na velikost odkrmovaných ryb může trvat 20 – 32 hodin (Bengtson a kol., 1991). Při tomto procesu je zapotřebí dbát na vhodný chemismus vody. Teplota vody by měla být udržována konstantně na 25 °C, minimální koncentrace kyslíku se doporučuje 4 mg.l<sup>-1</sup>. Po ukončení obohacování se žábronožky propláchnou čistou vodou a mohou být uchovány v dostatečně provzdušňované slané vodě při teplotě do 10 °C. Nízká teplota napomůže minimálním ztrátám jejich energetického metabolismu. Tímto způsobem se mohou nauplia žábronožek uchovávat až 24 hodin (Merchie, 1996).

### **2.2.4. Rozkrm pomocí artemie**

Artemie není pro mnoho druhů ryb přirozenou potravou, nicméně již ve 30. letech 20. století se zjistilo, že je vhodným zdrojem potravy pro odchov raných stádií ryb (Sorgeloos a kol., 1998). Nevýhodou je její krátkodobá životnost ve sladké vodě, obvykle 30 – 60 minut. Z tohoto důvodu se doporučuje krmení plůdku ve dvou až tříhodinových intervalech (Merchie, 1996).

Pro potřeby akvakultury se s úspěchem používá metoda tzv. dekapsulace vajíček artemie. Při tomto procesu dochází k odstranění vnějšího tvrdého lipoproteinového

obalu za pomoci krátkodobé koupele v chlornanovém roztoku (Kouba a kol., 2009). Vylíhlá nauplia nespotřebují tolik energie na proniknutí tvrdým obalem vajíčka a výsledkem

je plnohodnotná potrava s vysokým obsahem živin. Při uchovávání takto ošetřených vajíček se doporučuje jejich přemístění do chladničky při 0 – 4 °C (Adámková, 1999). Dalšími nespornými výhodami dekapsulace je časová úspora, desinfekce vajíček od případných patogenů a možnost mít připravené krmivo na několik dní dopředu. Dekapsulovaná vajíčka ztrácejí schopnost vznášet se ve vodním sloupci a usazují se na dně odchovných nádrží. Jejich velikost je 200 – 270  $\mu\text{m}$  (Kouba a kol., 2009).

Rychlost růstu, schopnost a ochota ryb přijímat větší části potravy jsou hlavními faktory ovlivňující dobu rozkrmu živou potravou. Za běžných podmínek je zapotřebí počítat s jedním až dvěma týdny odkrmu žábřonožkou. Ke konci tohoto období se začínají k artemii přidávat další složky potravy z důvodu zajištění všech nezbytných živin pro správný růst a vývoj ryb. (Gela a kol., 2014).

### **2.3. Vliv mastných kyselin**

Pouze rostliny mají schopnost syntetizovat kyselinu linolovou (LA; 18:2 n-6), která je prekurzorem tzv. omega-6 vysoce nenasycených mastných kyselin (omega-6 HUFA) a kyselinu  $\alpha$ -linolenovou (ALA; 18:3 n-3), která je výchozí látkou tzv. omega-3 HUFA. Tyto dvě kyseliny si živočišný organismus nedokáže vytvořit vlastními biologickými pochody, a proto je musí přijmout v potravě (Zajíc a kol., 2011).

Ryby, zejména sladkovodní, mají vyvinuté enzymy, desaturáty a elongázy, které dokážou z kyselin s osmnácti uhlíky vytvořit kyseliny s dvaceti a více uhlíky a s několika dvojnými vazbami. Nejznámější z nich jsou EPA – kyselina eikosapentaenová a DHA – kyselina dokosahexaenová. Omega-6 spolu s omega-3 mastnými kyselinami jsou významnou součástí buněčných membrán a prekurzory mnoha dalších sloučenin v organismu. Z těchto kyselin vznikají v organismu další látky, označované jako eikosanoidy. Tyto látky mají mj. v těle funkci prozánětlivých a protizánětlivých spouštěčů. Produkty, vzniklé z omega-3 kyselin, jsou protizánětlivé a produkty vzniklé z omega-6 kyselin jsou prozánětlivé (Zajíc a kol., 2011).

Předkládat obsádce krmiva, která obsahují vysoce nenasycené mastné kyseliny (HUFA) je ekonomicky nerentabilní, a proto se u sladkovodních ryb jeví jako



výhodnější alternativa použití krmiva, jež obsahuje prekurzory HUFA (Zajíc a kol., 2011).

### 3. Materiál a metodika

Předložená bakalářská práce se skládá z vlastního experimentu, který probíhal v Laboratoři řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb v Českých Budějovicích po dobu 28 dní. Cílem práce bylo experimentálně ověřit vliv použití nauplií žábřonožek (r. *Artemia*) obohacených o PUFA na přežití, růst a složení mastných kyselin plůdku jesetera malého (*Acipenser ruthenus*) v kontrolovaných podmínkách prostředí.

#### 3.1. Popis experimentálního systému

Vlastní experiment byl proveden v 18 průtočných akváriích obdélníkového tvaru, nainstalovaných na recirkulační systém s biologickým a sedimentačním filtrem (Obr. č. 1). V každém akváriu o objemu 30 l bylo zavedeno vzduchování pomocí rozptylovacích kamínků, které rovněž napomáhalo pohybu vody v nádržích. Akvária byla z důvodu zamezení úniku ryb ze zadní strany zaopatřena síťovanou mřížkou s velikostí ok 1 mm. Do recirkulačního systému bylo každý den přivedeno 10 % nové čisté vody z vodovodní sítě.



Obr. č. 1: Recirkulační systém pro odchov plůdku jesetera malého (foto autor).

### 3.1.1. Líhnutí artemie

Vajíčka artemie (*Artemia salina* strain *Franciscana*, INVE® Aquaculture, EUA) se líhla ve válcovitých nádobách o objemu 12 l (Obr. č. 2) za standardních podmínek (Sorgeloos a kol., 1986). Čerstvě vylíhlá artemie byla obohacována podle návodů výrobců. Každý den byly vytvořeny tři skupiny artemie, které byly po zkoncentrování a spočítání uskladněny v nádržích o teplotě 4 °C a v následujících 24 hodinách použity jako potrava pro plůdek jesetera malého. První skupina artemie byla neobohacená a byla použita pro kontrolní skupiny. Zbylé dvě skupiny artemie byly obohaceny o emulze Red Pepper (BernAqua NV, Belgie) a Oliow3 (BernAqua NV, Belgie).



Obr. č. 2: Systém pro líhnutí a obohacování artemie (foto autor).

### **3.1.2. Popis vlastního experimentu**

Pro vlastní experiment, zahrnující odchov plůdku jesetera malého v kontrolovaných podmínkách prostředí s využitím obohacených nauplií žábřonožky, byly využity ryby původem z Genetického centra FROV JU ve Vodňanech. Celkem bylo do experimentu nasazeno 7 200 ks larev jesetera malého ve stáří 6 dnů po vykulení. Larvy byly rozděleny do 18 akvárií, na každé akvárium připadalo 400 ks plůdku.

Celkem bylo testováno 6 skupin ryb, každá ve 3 opakováních (Tabulka č. 1). Jednotlivé skupiny se od sebe odlišovaly jednak předkládanou potravou, kterou tvořila živá obohacená či neobohacená artemie a jednak délkou doby krmení živou potravou. Larvy byly krmeny neobohacenou artemií (kontrola), artemií obohacenou o komerční emulzi Red Pepper a artemií obohacenou o produkt Olio $\omega$ 3. Krmení bylo podáváno ručně od 8. dne po vykulení, a to v dávce 100 % rybí biomasy každý den. V období 3 dnů probíhal co-feeding a po 7 nebo 14 dnech následoval přechod na suchou potravu (BioMar Larviva, Dánsko).

#### **Jednotlivé skupiny ryb lze charakterizovat následovně:**

Tabulka č. 1: Charakteristika různých testovaných skupin larev jesetera malého v závislosti na druhu a době krmení.

<b>Živá potrava</b>	<b>Doba krmení ve</b>	<b>Skupina</b>
neobohacená nauplia artemie	7	N1
neobohacená nauplia artemie	14	N2
obohacená nauplia artemie o Red Pepper	7	RP1
obohacená nauplia artemie o Red Pepper	14	RP2
obohacená nauplia artemie o Olio $\omega$ 3	7	O1
obohacená nauplia artemie o Olio $\omega$ 3	14	O2

### **3.1.3. Denní režim a harmonogram celého pokusu**

Experiment trval 28 dní. Během tohoto intervalu proběhly celkem čtyři kontrolní odběry vzorků larev jesetera. Zjišťovány byly biometrické parametry (celková délka těla, specifická hodnota růstu, hmotnost, složení mastných kyselin). Měření probíhala vždy po sedmi dnech.

Krmný den začínal v 8:00 a končil ve 20:00. Během tohoto intervalu byl plůdek krmen každé dvě hodiny, tzn. sedm krmných dávek denně.

Chemismus vody byl v průběhu celého experimentu sledován dvakrát denně, hodnoty amoniaku, dusitanů a dusičnanů každý třetí den. Teplota vody byla konstantně

udržována na  $19 \pm 1$  °C, množství rozpuštěného kyslíku bylo v průběhu celého pokusu  $7,5 \pm 0,3$  mg.l<sup>-1</sup> a hodnota pH byla  $7,4 \pm 0,3$ . K monitoringu těchto parametrů byly využity pH metr GRYF 259 a oxymetr Oxi 3210 (sonda CellOx® 325).

#### **3.1.4. Sledované parametry**

V průběhu celého pokusu bylo sledováno více parametrů, které měly v konečném důsledku posloužit ke komplexnímu ověření vlivu použití obohacených nauplií žábřonožek na přežití, růst a složení mastných kyselin plůdku jesetera malého.

Na začátku experimentu bylo odebráno 30 vzorků larev jesetera pro počáteční kalkulaci požadavků krmení. Poté bylo každý týden odebráno náhodně 30 vzorků z každé skupiny, které byly vyfotografovány stereomikroskopem (Olympus, SZX 16, Tokyo, Japonsko) s digitální kamerou (viz Příloha č. 1). Délka larev byla měřena s použitím obrázkového softwaru pro analýzu (MicroImage 4.0 for Windows, Německo). Ke zvážení larev posloužila analytická váha s přesností na čtyři desetinná místa (viz Příloha č. 2). Jednotlivé vzorky byly před zjištěním hmotnosti pečlivě osušeny ubrousky a následně zváženy na Petriho misce. Vzorky larev, odebrané pro zjištění přírůstků a analýzu PUFA, nebyly započítány do statistiky o přežití.

V průběhu experimentu byly sledovány tyto parametry:

Celková délka larev jesetera (mm) CD

Hmotnost (g) M

Nárůst hmotnosti (%) BWI =  $[(W_{t_2} - W_{t_1}) / W_{t_2} \times 100]$  podle Koueta a kol. (2002)

Specifická hodnota růstu (%) SGR =  $[(\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100]$  podle Koueta a kol. (2002)

Přežití larev (%) S =  $(N_f / N_i) \times 100$

Kanibalismus (%) C =  $(N_d / N_i - p)$ , kde  $N_d = N_i - N_f - p - N_m$  podle Cuvier-Péres a kol. (2001)

Variační koeficient pro konečnou hmotnost těla (%) CV – FBW =  $[(SD / FBW) \times 100]$  podle Wang a kol. (2005)

#### **Legenda**

*N<sub>i</sub>* = počet larev na začátku pokusu

*N<sub>f</sub>* = počet larev na konci pokusu

*N<sub>m</sub>* = počet uhynulých larev v průběhu pokusu

$p$  = vzorky larev odebrané během pokusu

$W_i$  = hmotnost larev na počátku pokusu

$W_{t_1}$  = hmotnost každé larvy na začátku pokusu (g),

$W_{t_2}$  = hmotnost každé larvy na konci pokusu (g)

$FBW$  = konečná hmotnost těla

$SD$  = standardní odchylka SGR

$t$  = čas (ve dnech)

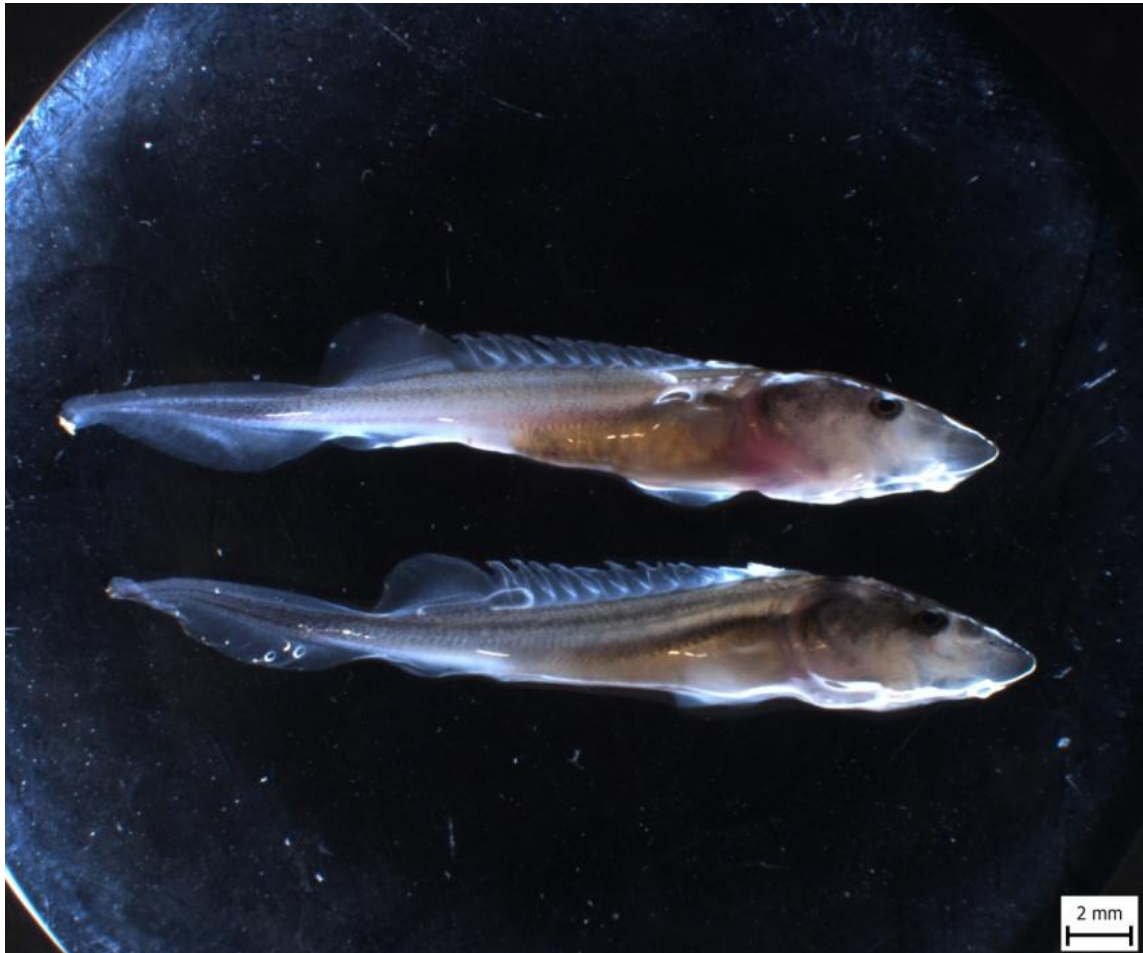
### 3.2. Analýza mastných kyselin

Larvy jesetera malého určené pro analýzu mastných kyselin (Obr. č. 3) byly po odebrání neprodleně uloženy do mrazáku o teplotě - 80 °C. Extrakce lipidů z artemie a rybích larev byla s malými úpravami provedena podle Hara a Radin (1978). Vzorky byly celkem třikrát homogenizované po dobu třiceti sekund v 10 ml hexanu: isopropanol (3/2v/v), Ultra Turax (T25, Janke & Kunkel, IKA Werke, Německo) a dále bylo přidáno 6,5 ml roztoku  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Separace v homogenátu trvala 20 minut při teplotě 4 °C. Následující fáze zahrnovala evaporizaci za přítomnosti  $\text{N}_2$ . Všechny lipidy, určené gravimetricky, byly rozpuštěny v 1 ml hexanu.

Mastné kyseliny z celkového množství lipidů byly methylovány bór trifluoride-methanol komplexem ( $\text{BF}_3$ ) (Appelqvist 1968). Vzorky, do kterých se přidaly 2 ml 0,01 M NaOH, suchý methanol se nechaly 10 minut povařit při teplotě 60 °C. Poté byly přidány další 3ml činidla  $\text{BF}_3$  a vzorky se nechaly znovu 10 minut povařit při teplotě 60 °C. Následně byly vzorky ochlazeny ledovou vodou a přidalo se do nich 2 ml 3,42 M roztoku NaCl. FA methyl ester (FAME) byl extrahován s využitím 2 ml hexanu. Vrchní vrstva byla přemístěna do čisté tuby a vysušena evaporací dusíkem. Lipidy byly rozpuštěny v 0,5 ml hexanu a uloženy v -80 °C do doby plynové chromatografické analýzy. FAME byl analyzován plynovým chromatografem (Trace Ultra FID, Thermo Scientific) vybaveným detektorem plamenové ionizace a vstřikovací tryskou PVT, s použitím BPX 70 (SGE, Austin, Texas), délka 5 m, id 0,22 mm, tloušťka clony 0,25  $\mu\text{m}$ . Plynový chromatograf byl naprogramován na konstantní průtok plynu 1,2  $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$  a počáteční teplotu 70 °C, která byla udržována 0,5 minut a následně navyšována o 30 °C  $\text{min}^{-1}$  až do teploty 150 °C. Ve druhé fázi byla teplota navyšována o 2 °C  $\text{min}^{-1}$  až do 220 °C a v poslední fázi byla teplota 11 minut udržována na 220 °C. Vháněcí tryska a detektor teploty byly naprogramovány na 150 °C,

respektive

250 °C. Vháněcí tryska byla naprogramována v neděleném režimu, s časem 0,8 min a děleným tokem 25 ml.min<sup>-1</sup>. Vrcholy byly identifikovány porovnáním retenčních časů s časy ze standardní směsi GLC-68D (Nu-Chek Prep, Elysian, USA) a s dalšími věrohodnými standardy (Nu-Chek Prep, Elysian, USA; Larodan, Švédsko).



Obr. č. 3: Vzorky larev jesetera malého určené pro měření (foto autor).

### 3.3. Statistická analýza

Ze získaných výsledků byly pro parametry přežití, hmotnosti, celkové délky larev, složení mastných kyselin a specifické růstové parametry (SGR, BW a CV-FBW) vypočítány střední hodnoty a standardní odchylky ( $n = 3$ ). Statistická analýza byla provedena v programu Statistika (Statistica 12.0; StatSoft, Inc., USA), ve které jsme využili jednocestnou nebo dvoucestnou variační analýzu s následujícím Tukyho post-

hoc testem. Pokud se v programu ANOVA nepotvrdila normalita dat, byly rozdíly mezi jednotlivými skupinami porovnány neparametrickým Kruskal-Walisovým testem. Hladina statistické významnosti byla stanovena pro všechny analýzy  $p < 0,05$ .



## 4. Výsledky

### 4.1. Analýza obohacené artemie

Tabulka č. 2 ukazuje výsledné složení vybraných mastných kyselin v obohacené a neobohacené čerstvě vylíhlé artemii.

Obohacení artemie (Obr. č. 4) emulzí Red Pepper (RP) vedlo ke zvýšení poměru kyseliny arachidonové (ARA; C20:4 n-6), v porovnání s kontrolní skupinou (N) a skupinou Oliow3 (O3). Zároveň byla pozorována vyšší hladina ( $p < 0,05$ ) této kyseliny u skupiny O3, než u N. Po obohacení artemie o emulzi Oliow3 byla zaznamenána vyšší hladina kyseliny eikosapentaenové (EPA; C20:5 n-3), dokosahexenové (DHA; C22:6 n-3) a celkového množství omega-3 mastných kyselin (n-3), než u skupin N a RP ( $p < 0,05$ ). U RP bylo současně zaznamenáno ( $p < 0,05$ ) navýšení hladiny EPA, DHA a n-3, v porovnání s kontrolní skupinou. Hladina kyseliny linolové (LA; C18:2 n-6) byla vyšší ( $p < 0,05$ ) u skupiny RP, než u N a O3. Přitom bylo zaznamenáno vyšší množství ( $p < 0,05$ ) této kyseliny u kontroly, v porovnání se O3. Nejnižší hladina ( $p < 0,05$ ) celkového množství omega-6 mastných kyselin (n-6) byla pozorována u skupiny O3, v porovnání s N a RP. Naopak nejvyšší míru kyseliny dokosapentaenové (DPA; C22:5 n-3) vykazala skupina O3 na rozdíl od skupin N a RP.

Tabulka č. 2: Složení vybraných mastných kyselin (% z celkového množství zjištěných) v čerstvě vylíhlé neobohacené artemii a v artemii obohacené o emulze Red Pepper a Oliow3. Jednotlivá písmena indikují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami ( $p < 0,05$ ).

Mastné kyseliny	Kontrola	Red Pepper	Oliow3
LA (C18:2n-6)	5,94 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,35 ± 0,05 <sup>c</sup>	4,64 ± 0,07 <sup>a</sup>
ARA (C20:4n-6)	0,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	1,06 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,82 ± 0,01 <sup>b</sup>
EPA(C20:5n-3)	1,84 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,80 ± 0,02 <sup>b</sup>	9,66 ± 0,10 <sup>c</sup>
DPA(C22:5n-3)	0,11 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,13 ± 0,07 <sup>b</sup>
DHA(C22:6n-3)	0,23 ± 0,02 <sup>a</sup>	3,84 ± 0,15 <sup>b</sup>	4,71 ± 0,10 <sup>c</sup>
n3	38,25 ± 0,32 <sup>a</sup>	40,28 ± 0,19 <sup>b</sup>	42,79 ± 0,45 <sup>c</sup>
n6	7,16 ± 0,03 <sup>b</sup>	7,27 ± 0,004 <sup>b</sup>	5,75 ± 0,09 <sup>a</sup>



Obr. č. 4: Čerstvě obohacená artemie (foto autor).

## 4.2. Růstové parametry

### 4.2.1. Celková délka těla

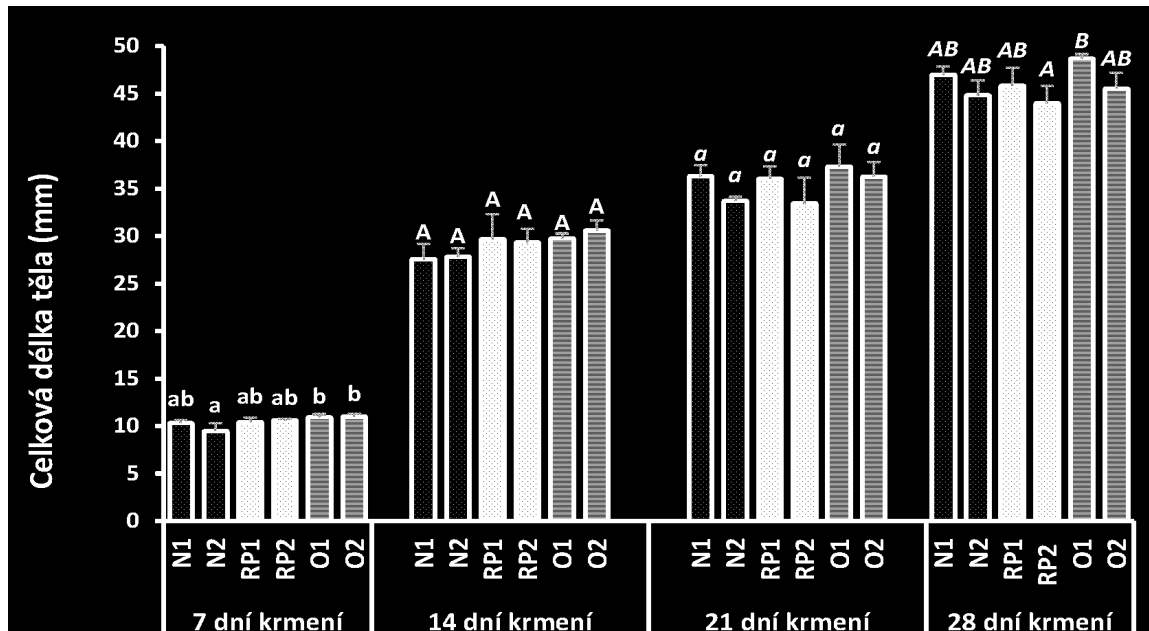
V Grafu č. 1 je možné pozorovat délkový růst jednotlivých skupin larev jesetera malého v průběhu celého experimentu v závislosti na odlišné předkládané potravě (obohacená či neobohacená artemie) a různé délce doby krmení živou potravou (7 a 14 dní).

Z výsledků vyplynulo, že 7 dnů od začátku experimentu vykázaly vyšší přírůstky ( $p < 0,05$ ) obě skupiny krmené artemií obohacenou o  $\text{Olio}\omega 3$  v porovnání s kontrolní skupinou, jež byla krmena v průběhu celého pokusu neobohacenou artemií po dobu 14 dní (N2). Ostatní skupiny mezi sebou nevykázaly statistické rozdíly.

Po 14 dnech krmení nebyly mezi jednotlivými skupinami jeseteřích larev zaznamenány žádné signifikantní rozdíly v celkové délce těla. Po 21 dnech

experimentu, bylo zjištěno, že mírně vyšší přírůstky celkové délky těla vykázaly skupiny larev, které byly krmeny živou potravou po dobu 7 dní, nicméně tyto rozdíly nebyly signifikantní.

Na konci experimentu (28 dní krmení) byl nejvyšší přírůstek délky těla zaznamenán u skupiny (O1). Tento rozdíl byl statisticky významný v porovnání se skupinou RP2 ( $p < 0,05$ ).



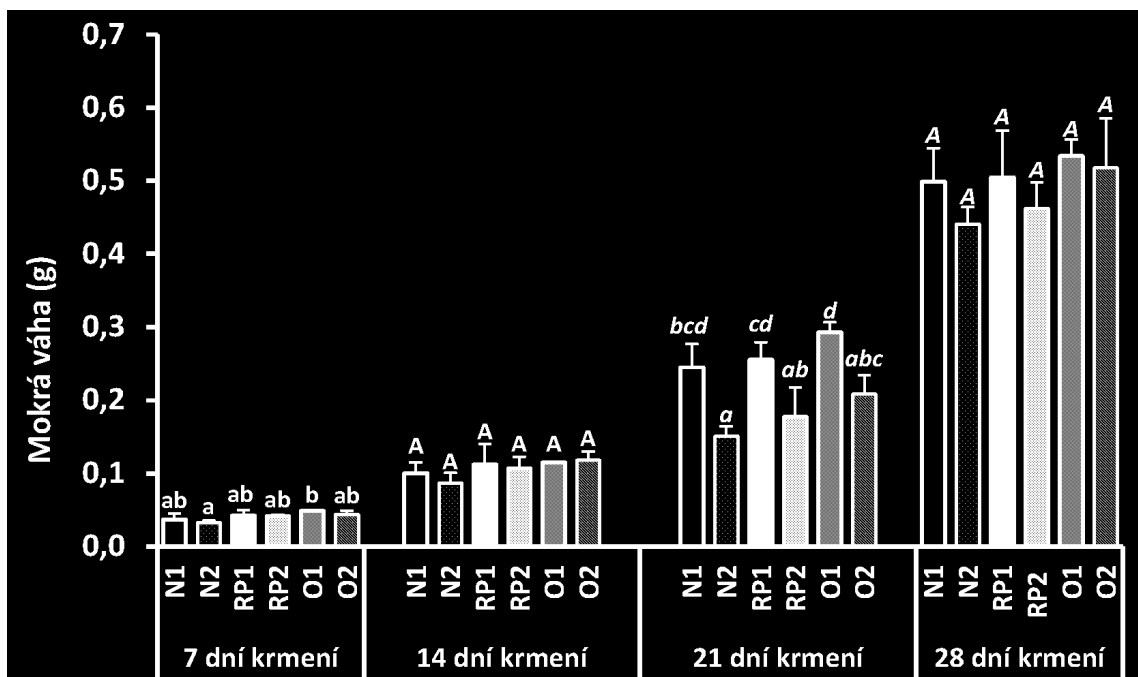
Graf č. 1: Růst celkové délky těla larev jesetera malého v průběhu celého pokusu v závislosti na různém druhu krmení a době krmení živou potravou. N1 = larvy krmené 7 dní neobohacenou artemií, N2 = larvy krmené 14 dní neobohacenou artemií, RP1 = larvy krmené 7 dní artemií obohacenou o Red Pepper, RP2 = larvy krmené 14 dní artemií obohacenou o Red Pepper, O1 = larvy krmené 7 dní artemií obohacenou o Olioo3, O2 = larvy krmené 14 dní artemií obohacenou o Olioo3. Jednotlivá písmena nad sloupci indikují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami ( $p < 0,05$ ).

#### **4.2.2. Hmotnostní parametry**

Graf č. 2 znázorňuje hmotnostní parametry jednotlivých skupin larev jesetera malého v průběhu celého experimentu, v závislosti na odlišné předkládané potravě (obohacená či neobohacená artemie) a různé délce doby krmení živou potravou (7 a 14 dní).

Po 7 dnech krmení, měla skupina larev O1 vyšší hmotnost ( $p < 0,05$ ), než skupina N2. Mezi ostatními skupinami nebyl signifikantní rozdíl. Po 14 dnech od zahájení pokusu nebyl mezi jednotlivými skupinami statistický hmotnostní rozdíl.

Po 21 dnech experimentu byly zaznamenány rozdíly ve hmotnosti těla mezi pokusnými skupinami. Larvy, krmené živou potravou po dobu 7 dní (N1, RP1, O1), začaly vykazovat vyšší ( $p < 0,05$ ), hmotnost v porovnání se skupinami, kterým byla živá potrava podávána 14 dní (N2, RP2, O2). Na konci experimentu (28 dní) dosáhly největší průměrné hmotnosti larvy jesetera malého ze skupiny O1 ( $0,53 \pm 0,02$  g). Naopak nejmenší průměrnou hmotnost ( $0,44 \pm 0,02$  g) měla kontrolní skupina N2, nicméně rozdíly mezi skupinami nebyly signifikantní.



Graf č. 2: Hmotnostní růst larev jesetera malého v průběhu celého experimentu v závislosti na různém druhu krmení a době krmení živou potravou. N1 = larvy krmené 7 dní neobohacenou artemií, N2 = larvy krmené 14 dní neobohacenou artemií, RP1 = larvy krmené 7 dní artemií obohacenou o Red Pepper, RP2 = larvy krmené 14 dní artemií obohacenou o Red Pepper, O1 = larvy krmené 7 dní artemií obohacenou o Olioo3, O2 = larvy krmené 14 dní artemií obohacenou o Olioo3. Jednotlivá písmena nad sloupci indikují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami ( $p < 0,05$ ).

#### **4.2.3. Specifická hodnota růstu, navýšení tělesné hmotnosti, variační koeficient konečné hmotnosti těla**

Tabulka č. 3 ukazuje parametry specifické hodnoty růstu (SGR), navýšení tělesné hmotnosti (BWI) a variační koeficient konečné hmotnosti těla (CV - FBW).

Nejlepších výsledků ( $p < 0,05$ ) SGR dosáhly v porovnání s ostatními, obě skupiny krmené artemií obohacenou o emulzi Oliow3 (11,8 % a 11,8 %). Naopak nejmenší růst vykázala skupina N2 (10,29 %).

Vyšší hodnoty parametru ( $p < 0,05$ ) BWI byly zaznamenány u skupin O1 (96,4 %) a O2 (96,3 %) v porovnání se skupinami N2 (94,9 %) a RP2 (95 %).

U parametru CV - FBW dosáhly vyšších hodnot RP1 (75,6 %) a O1 (73,1 %) v porovnání se skupinami N1, N2 a RP2 ( $p < 0,05$ ). Z výsledků rovněž vyplynulo, že vyšších průměrných hodnot CV - FBW dosáhly skupiny, krmené živou potravou po dobu 7 dní než skupiny, kterým byla živá potrava podávána 14 dní. Tyto rozdíly však nebyly signifikantní.

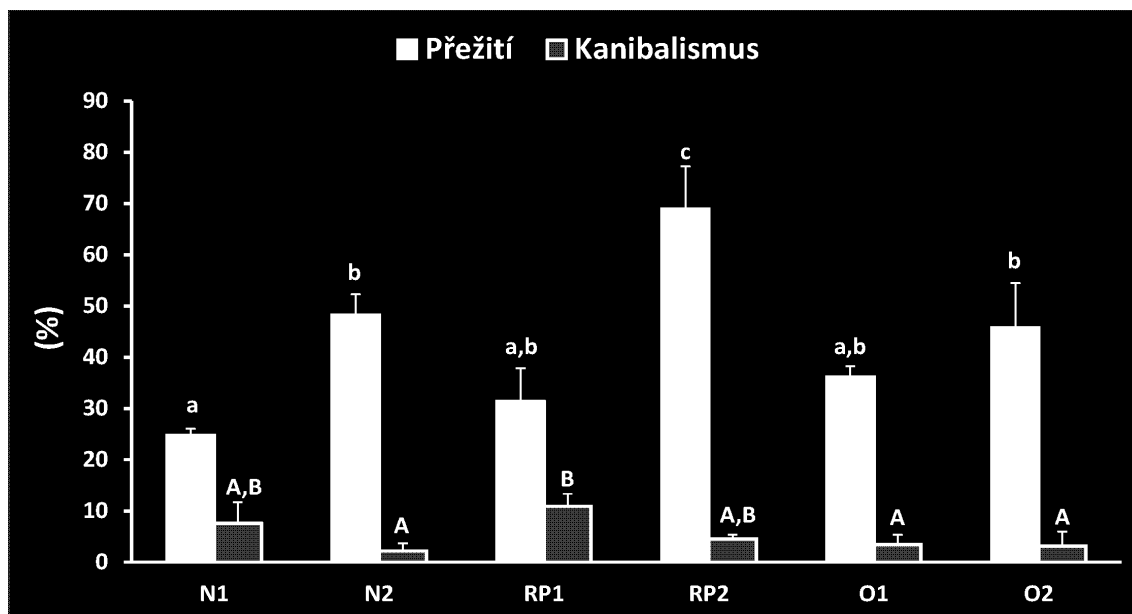
Tabulka č. 3: Specifická rychlost růstu (SGR) za den, navýšení tělesné hmotnosti (BWI) za den, variační koeficient (CV - FBW) pro larvy jesetera malého v závislosti na různém druhu krmení a době krmení živou potravou. Jednotlivá písmena indikují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami ( $p < 0,05$ ).

Skupina	SGR, %	BWI, %	CV - FBW, %
N1	10,8 ± 0,32 <sup>a</sup>	95,2 ± 0,43 <sup>ab</sup>	48,4 ± 5,92 <sup>a</sup>
N2	10,7 ± 0,22 <sup>a</sup>	94,9 ± 0,32 <sup>a</sup>	42,3 ± 2,04 <sup>a</sup>
RP1	10,9 ± 0,54 <sup>a</sup>	95,2 ± 0,71 <sup>ab</sup>	75,6 ± 11,2 <sup>b</sup>
RP2	10,7 ± 0,16 <sup>a</sup>	95,0 ± 0,22 <sup>a</sup>	49,2 ± 12,68 <sup>a</sup>
O1	11,8 ± 0,22 <sup>b</sup>	96,4 ± 0,22 <sup>b</sup>	73,1 ± 5,78 <sup>b</sup>
O2	11,8 ± 0,26 <sup>b</sup>	96,3 ± 0,27 <sup>b</sup>	55,0 ± 0,27 <sup>ab</sup>

### 4.3. Kanibalismus a přežití

Graf č. 3 vyjadřuje hodnoty přežití a kanibalismu. Výsledky ukazují, že skupiny krmené živou potravou po dobu 14 dní, vykázaly vyšší hodnoty přežití a nižší kanibalismus v porovnání se skupinami, kterým byla živá potrava podávána po dobu 7 dní. Nejlepší přežití ( $p < 0,05$ ) vykázala skupina RP2 (68,9 %) v porovnání s ostatními skupinami. Naopak nejnižší přežití vykázala skupina N1 (24,75 %).

Statisticky nejvyšší hodnoty kanibalismu ( $p < 0,05$ ) vykázala skupina RP1 (10,91 %) na rozdíl od skupin N2, O2 a O1.



Graf č. 3: Ukazuje výsledky kanibalismu a přežití jesetera malého (*Acipenser ruthenus*) v závislosti na různém druhu krmení a době krmení živou potravou. Jednotlivá písmena nad sloupci indikují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4. Složení mastných kyselin v larvách jesetera

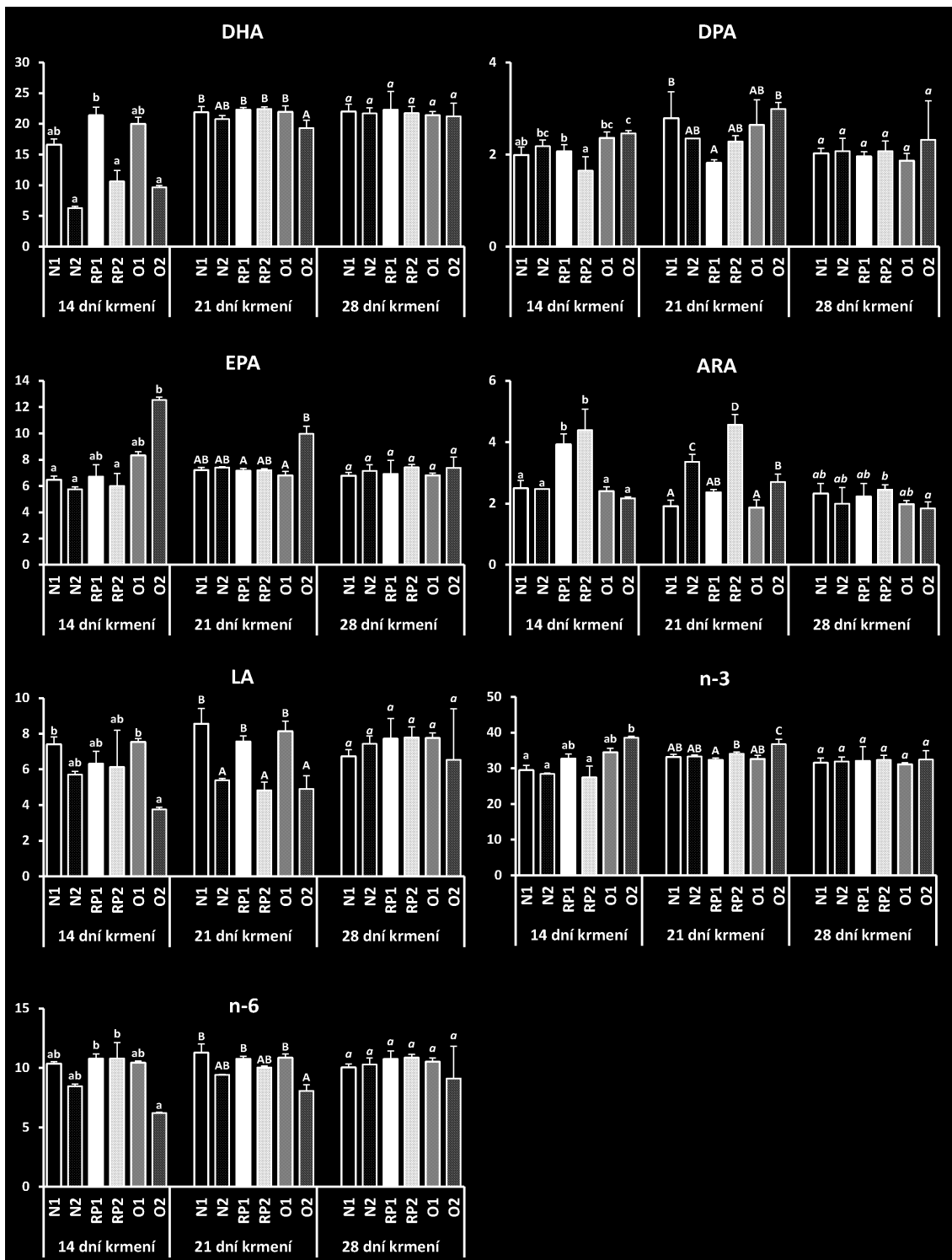
Složení vybraných mastných kyselin (% z celkového množství mastných kyselin) u jednotlivých skupin larev jesetera malého v závislosti na různě obohacené či neobohacené artemii a různé délce doby krmení živou potravou jsou vyjádřeny v grafu č. 4.

Po 14 dnech od zahájení experimentu byla u skupiny O2 zjištěna vyšší hladina kyseliny DPA, v porovnání se skupinami RP2, RP1 a N1 ( $p < 0,05$ ). RP1 vykazovala vyšší množství DHA ( $p < 0,05$ ) v porovnání se skupinami N2, RP2 a O2. Statisticky vyšší obsah EPA a n-3 ( $p < 0,05$ ) byl zaznamenán u skupiny O2, než u N1, N2 a RP2. Larvy, krmené obohacenou artemií o emulzi Red Pepper (RP1 a RP2), měly výrazně vyšší množství ARA než ostatní skupiny ( $p < 0,05$ ). Skupiny RP1 a RP2 měly rovněž vyšší obsah n-6, než skupina O2 ( $p < 0,05$ ). Larvy ze skupiny O1 a N1 měly vyšší míru LA v porovnání se skupinou O2 ( $p < 0,05$ ).

Po 21 dnech krmení byla zjištěna vyšší hladina DPA u skupin N1 a O2 v porovnání s RP1 ( $p < 0,05$ ). Dále bylo zaznamenáno, že skupina O2 měla vyšší míru EPA, než RP1 a O1 ( $p < 0,05$ ). Nejvyšší obsah n-3 měla v porovnání s ostatními skupinami O2 ( $p < 0,05$ ). V tomto období vykazovala zároveň RP2 vyšší hladinu n-3 než RP1. U skupiny

O2 bylo naměřeno nižší množství DHA v porovnání se skupinami N1, RP1, RP2 a O1 ( $p < 0,05$ ). Množství LA bylo statisticky rozdílné ( $p < 0,05$ ) v závislosti na době krmení živou potravou, kdy vyšší hladinu vykazaly skupiny krmené artemií 7 dní. Nejvyšší obsah ARA měla v porovnání s ostatními skupinami RP2 ( $p < 0,05$ ). Vyšší obsah ARA vykazala N2, v porovnání se skupinami N1, RP1, O1 a O2 ( $p < 0,05$ ). O2 měla zároveň vyšší hladinu ARA než skupiny O1 a N1 ( $p < 0,05$ ). Statisticky nižší obsah n-6 ( $p < 0,05$ ) měla skupina O2 v porovnání se skupinami, které byly krmeny živou potravou po dobu 7 dní (N1, RP1 a O1).

Na konci experimentu larvy skupiny RP2 obsahovaly vyšší hladinu ARA v porovnání se skupinou O2 ( $p < 0,05$ ). Rozdíly mezi jednotlivými skupinami v množství DHA, DPA, EPA, LA, n-3 a n-6 nebyly v tomto období signifikantní.



Graf č. 4: Složení vybraných mastných kyselin u jednotlivých skupin larev jesetera malého v závislosti na různém druhu krmení a době krmení živou potravou. Jednotlivá písmena nad sloupci indikují signifikantní rozdíly mezi jednotlivými skupinami ( $p < 0,05$ ).



## 5. Diskuze

V akvakultuře je pro odkrm plůdku ryb často využívaná artemie. Její nevýhodou je absence celkového množství omega-3 PUFA, které hrají důležitou roli při správném vývoji a růstu ryb (Sorgeloos a kol., 1991). Z důvodu nevyhovujícího nutričního profilu artemie, je v posledních letech pozornost zaměřena na obohacování živé potravy o různé látky. Obohacování artemie emulzemi Red Pepper a Oliow3 v naší studii potvrdilo zvýšenou hladinu HUFA. Stejných výsledků v oblasti obohacení dosáhla práce Bahadir Koca a kol. (2015) kteří uvádějí, že koncentrace sledovaných esenciálních mastných kyselin v artemii vzrostla po obohacení komerčními produkty Red Pepper a Oliow3.

Výsledky našeho výzkumu prokázaly, že larvy jesetera malého, krmené obohacenou artemií, měly v tělní tkáni vyšší hladinu HUFA. Zvýšená hladina EPA a DHA byla ovšem sledována i u kontrolních skupin. To může být spojeno s tím, že jeseteři mají pravděpodobně schopnost úspěšně přeměňovat LA na EPA a následně EPA na DHA. To bylo pozorováno i u dalších sladkovodních a některých brakických druhů ryb (Castell a kol., 1972, Noori a kol., 2011). Z výsledků naší práce rovněž vyplynulo, že vyšší množství DHA měly skupiny rybích larev, které byly krmeny živou potravou 7 dní, oproti skupinám, kterým byla artemie podávána 14 dní. To může mít souvislost s vyšší koncentrací DHA v komerčních granulovaných krmivech, jež byly použity jako potrava po přechodu na suché krmivo.

Některé dřívější studie uvádějí, že EPA a DHA mají důležitou roli pro přežití a růstové parametry plůdku (Dhert a kol., 1990; Bahadir Koca a kol., 2015). Izquierdo a kol. (1992)

ve své studii uvádějí, že vyšší obsah DHA u larev japonského platýse (*Paralichthys olivaceus*) měl pozitivní účinek na zvýšení přírůstků. Noori a kol. (2002) potvrdili, že při vyšším obsahu DHA byl zaznamenán výrazně vyšší růst a tolerance vůči stresu u jesetera perského (*Acipenser persicus*). Z výsledků studie, kterou provedl Najdegerami a kol. (2015) vyplývá, že signifikantně vyššího přírůstku dosáhly larvy jesetera perského krmené artemií obohacenou o HUFA, oproti skupině, které byla podávána živá potrava obohacená o PHB (methylparahydroxy benzoát) a skupině, jež byla krmena artemií obohacenou o PHB + HUFA. Na druhou stranu jiné studie přímou úměru mezi vyšším obsahem HUFA a lepšími hodnotami přírůstku nebo vyšším

přežitím sladkovodních druhů ryb vyloučily (Sargent a kol., 1997; Jalali a kol., 2008). Sledování růstu ryb v naší studii neprokázalo signifikantně pozitivní účinek obohacování artemie o HUFA. Obdobně jako Hafeziah (2010), který prováděl experimenty s larvami jesetera perského, ani v naší studii nevykázaly jednotlivé skupiny rybích larev signifikantní rozdíly v přírůstku. Zvýšený růst zaznamenaly po 21 a 28 dnech experimentu skupiny, jež byly krmeny živou potravou 7 dní. Tyto rozdíly ovšem také nebyly statisticky prokazatelné. To by mohlo být vysvětleno tím, že granulovaná krmiva mají oproti artemii lepší nutriční hodnoty. Navíc s nimi není spojeno tolik vynaložené práce jako s živou potravou. To může vést k hypotéze, že není zapotřebí krmit živou artemií déle než 7 dní. Ke stejným výsledkům dospěli také Agh a kol. (2013), kteří uvedli, že lepších přírůstků dosáhly larvy jesetera perského, jež byly krmeny artemií pouze 7 dní a poté postupně přecházely na suchou potravu.

Z hlediska hmotnostního růstu lze sledovat podobnou tendenci jako v případě růstu délkového. Po 21 dnech krmení začaly zaznamenávat větší hmotnost všechny skupiny ryb, kterým byla živá potrava podávána po dobu 7 dní. Na konci experimentu však nebyly hmotnostní rozdíly mezi jednotlivými skupinami statisticky průkazné.

Z výsledků našeho výzkumu vyplynulo, že větší přežití vykázaly všechny skupiny larev, které byly krmeny živou potravou 14 dní. K obdobným výsledkům dospěly už dřívější studie (Dhert a kol. 1990; Harel a Place 2003; Noori a kol. 2011). Významně vyšší hodnoty přežití vykázaly skupiny larev jesetera malého, které byly krmeny 14 dní artemií obohacenou o emulzi Red Pepper. U těchto larev bylo v těle pozorováno zvýšené množství ARA, v porovnání s ostatními skupinami. To by potvrdilo studie, jež uvedly, že ARA má pozitivní vliv na přežití rybích larev (Koven a kol. 2001; Bell a Sargent 2003; Hafezieh 2016). Nicméně některé další studie např. na vyze velké (*Huso huso*) nebo jeseteru perském tento předpoklad nepotvrdily (Jalali a kol., 2008; Hafezieh a kol., 2010). Ze získaných výsledků se dá usuzovat, že přežití larev jesetera malého závisí jednak na době rozkrmu živou potravou a hladině ARA v těle.

Pozitivní účinek na přežití také potvrzují některé výzkumy, zabývající se zvýšeným množstvím vitamínů v předkládané potravě. De Menezes a kol. (2006) potvrdil zvýšené přežití arapaimy velké (*Arapaima gigas*) po podání potravy obohacené o vitamíny C a D. Noori a kol. (2013) uvedl, že skupiny larev jesetera perského, krmené artemií

obohacenou

o esenciální mastné kyseliny a vitamín C vykazaly signifikantně větší toleranci vůči stresu, v porovnání s kontrolními skupinami, což vedlo k výrazně vyššímu přežití.

Samozřejmě existuje řada dalších esenciálních mastných kyselin a vitamínů, které prospívají správnému vývoji larev jeseterů (Dhert a kol., 1990). Další výzkumy by se tedy mohly zabývat nejen optimálním zastoupením mastných kyselin v potravě, ale i dalších komponentů jako jsou vitamíny, minerály a další důležité složky potravy. To by mohlo mít pozitivní vliv na přežití a biometrické parametry při odkrmu rybiho plůdku. Rovněž by bylo zapotřebí zabývat se optimální dobou krmení živou potravou s ohledem na dosažení maximálních hodnot přežití a biometrických parametrů, s cílem redukovat práci s tím spojenou a s cílem snížit finanční náklady.



## 6. Závěr

Teoretická část předložené bakalářské práce se zabývala obecnou charakteristikou jeseterů, jak z hlediska biologie, tak z pohledu jejich významu v akvakultuře. Velká část byla věnována problematice jejich odchovu plůdku v kontrolovaných podmínkách prostředí. Následující úsek práce se věnuje základní charakteristice žábřonožky solné a jejímu využití v současné akvakultuře. Praktická část se již zabývala naším experimentem, který proběhl v Laboratoři řízené reprodukce a intenzivního chovu ryb v Českých Budějovicích. Výzkum se zaměřil na účinek artemie, obohacené o esenciální mastné kyseliny, na přírůstek a přežití larev jesetera malého. Cílem práce bylo zhodnotit optimální dobu krmení živou potravou a porovnat vliv třech krmení na vývoj plůdku jesetera malého v kontrolovaných podmínkách prostředí.

Získané výsledky naší studie potvrdily vyšší množství HUFA po obohacení artemie o emulze Red Pepper a Olioo3. V důsledku toho byla pozorována zvýšená hladina HUFA v tělní tkáni larev jesetera malého. Skupiny krmené obohacenou artemií ovšem nevykázaly statisticky zvýšené přírůstky v porovnání s kontrolou. Vyššího růstu dosahovaly skupiny, jež byly krmeny živou potravou 7 dní, v porovnání se skupinami, kterým byla živá potrava podávána pod dobu 14 dní. To by mohlo být způsobeno tím, že komerční granulovaná krmiva mají ve srovnání s artemií lepší nutriční vlastnosti. Co se přežití a kanibalismu týče, lepších výsledků dosáhly skupiny, krmené živou potravou 14 dní. Signifikantně nejvyššího přežití dosáhla skupina krmená artemií obohacenou o produkt Red Pepper po dobu 14 dní. To by mohlo mít spojitost s tím, že u této skupiny bylo zaznamenáno vyšší množství kyseliny arachidonové, u které již dřívější studie potvrdily pozitivní vliv na přežití a toleranci vůči stresu.

Po vyhodnocení výsledků by se dalo tvrdit, že z hlediska růstových parametrů není nutné krmit plůdek jesetera malého živou potravou déle než 7 dní, protože na konci experimentu nebyl mezi jednotlivými skupinami signifikantní rozdíl. Na druhou stranu skupiny larev, krmené artemií 14 dní, vykázaly lepší hodnoty přežití a snížení kanibalismu. Tato problematika by mohla být v budoucnu předmětem podobně orientovaných studií.

## 7. Přehled použité literatury

- Agh, N., Noori, F., Irani, A., Van Stappen, G., Sorgeloos, P., 2013. Fine tuning of feeding practices for hatchery produced Persian sturgeon, *Acipenser persicus* and Beluga sturgeon, *Huso huso*. *Aquac. Res.* 44, 335-344.
- Adámková, I., 1999. Postup dekapsulace trvalých vajíček artémie a jejich použití v akvakultuře. *Edice Metodik (Technologická řada), FROV JU Vodňany, č. 58, s. 10.*
- Bahadir Koca, S., Uzunmehmetoglu, O.Y., Yazicioglu, B., 2015. Effects of enriched *Artemia* on growth and survival of juvenile freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823). *Iran. J. Fish. Sci.* 14, 87-98.
- Baruš, V., Oliva, O., 1995. Fauna ČR a SR. Mihulovci a ryby (1). Academia, Praha, s. 138-141.
- Bell, J.G., Sargent, J.R., 2003. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. *Aquaculture* 218, 491-499.
- Bemis, W.E., Findeis, E.K., Grande, L., 1997. An overview of *Acipenseriformes*. *Env. Biol. Fish.* 48, 25-71.
- Bengtson, D.A., Léger, P., Sorgeloos, P., 1991. Use of *Artemia* as a food source for aquaculture. In: *Artemia Biology*. Browne, R.A., P. Sorgeloos and C.N.A. Trotman (Eds.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA, pp. 225-285.
- Berg, L.S., 1940. Sistema ryboobraznych i ryb, nyne živuščich i iskopajemych. *Trudy Zool. Inst. AN SSSR*, 5 (2), 87-517.
- Bergé, J-P., Barnathan, G., 2005. Fatty Acids from Lipids of Marine Organisms: Molecular Biodiversity, Roles as Biomarkers, Biologically Active Compounds, and Economical Aspects. In: *Marine Biotechnology I* (Ulber, R., Le Gal, Y. eds), Springer Berlin Heidelberg, Berlin, pp. 49-125.
- Birnstein, V.J., 1993. Sturgeon and paddlefishes: threatened fishes in need of conservation. *Conserv. Biol.* 7, pp. 773-787.
- Castell, D., Sinnhuber, R.O., Lee, D.J., Wales, J.H., 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout *Salmo gairdneri*: growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J. Nutr.* 102, 77-86.
- Copeman, L.A., Parrish, C.C., Brown, J.A., Harel, M., 2002. Effects of docosahexaenoic, eicosapentaenoic, and arachidonic acids on the early growth, survival, lipid composition and pigmentation of yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*): a live food enrichment experiment. *Aquaculture* 210, 285-304.

- Criel, G.R.J., Macrae, T.H., 2002. Reproductive biology of *Artemia*. In: Abatzopoulos, Th. J., Beardmore, J.A., Clegg, J.S., Sorgeloos, P. (Eds.), *Artemia: Basic and Applied Biology*, Springer, Netherlands, pp. 39-128.
- Cuvier-Péres, A., Jourdan, S., Fontaine, P., Kestemont, P., 2001. Effects of light intensity on animal husbandry and digestive enzyme activities in sea bass *Dicentrarchus labrax* post-larvae. *Aquaculture* 202, 317-328.
- De Menezes G.C., Tavares-Dias, M., Ono, E.A., de Andrade. J.I.A., Brasil, E.M., Roubach, R., 2006. The influence of dietary vitamin C and E supplementation on the physiological response of pirarucu (*Arapaima gigas*) in net culture. *Comp. Biochem. Physiol. A: Physiol.* 145, 274–279.
- Dettlaff, T.A., Ginsburg, A.S., Schmalhausen, O.I., 1993. Sturgeon fishes. Developmental biology and aquaculture. Berlin, Springer-Verlag, pp. 300.
- Dhert, P., Lavens, P., Duray, M., Sorgeloos, P., 1990. Improved larval survival at metamorphosis of Asian seabass (*Lates calcarifer*) using  $\omega$ 3-HUFA-enriched live food. *Aquaculture* 90, 63-74.
- Fehér, M., Baranyai, E., Simon, E., Bársony, P., Szűcs, I., Posta, J., Stündl, L., 2013. The interactive effect of cobalt enrichment in *Artemia* on the survival and larval growth of barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 414–415, 92-99.
- Gela, D., Kahanec, M., Buřič, M., 2014. Technologie chovu jeseterů. Edice Metodik, FROV JU Vodňany, č. 140, 49 s.
- Gela, D., Kahanec, M., Flajšhans, M., Rodina, M. a Linhart, O., 2009a. Chov chrupavčitých ryb ve Vodňanech. Konference 60. let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně. MZLU v Brně, 90 s.
- Gela, D., Kahanec, M., Rodina, M., 2014. Metodika odchovu raných stádií jeseterovitých ryb. FROV JU Vodňany, č. 126, s. 6-30.
- Gela, D., Rodina, M., Linhart, O., 2008. Řízená reprodukce jeseterů (*Acipenser*). Edice Metodik, FROV JU Vodňany, č. 78, s. 1-24.
- Gessner, J., Freyhof, J., Kottelat, M., 2010. *Acipenser ruthenus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [cit. 20.3.2017]. Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/details/227/0>.
- Hafezieh, M., Mohd Salah Kamarudin, S., Saad, C.R.B., Sattar, M.K.A., Agh, N., Valinassab, T., Sharifian, M., Hosseinpour, H., 2010. Effects of enriched *Artemia urmiana* with HUFA on growth, survival, and fatty acids composition of the Persian sturgeon larvae (*Acipenser persicus*). *Iran. J. Fish. Sci.* 9, 61-72.

- Hara, A., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Anal. Biochem.* 90, 420-426.
- Harel, M., Place, A.R., 2003. Tissue essential fatty acid composition and competitive response to dietary manipulations in white bass (*Morone chrysops*), striped bass (*M. saxatilis*) and hybrid striped bass (*M. chrysops* × *M. saxatilis*). *Comp. Biochem. Physiol. B: Biochem. Mol. Biol.* 135, 83-94.
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E., 1998. *Hydrobiologie*. Informatorium, Praha, s. 137.
- Hawkyard, M., Stuart, K., Langdon, C., Drawbridge, M., 2016. The enrichment of rotifers (*Brachionus plicatilis*) and *Artemia franciscana* with taurine liposomes and their subsequent effects on the larval development of California yellowtail (*Seriola lalandi*). *Aquacult. Nutr.* 22, 911-922.
- Hochleitner, M., Gessner, J., 1999. *The Sturgeons and Paddlefishes of the World. Biology and Aquaculture*. Aqua Tech Publications, ISBN 3-9500968-0-9.
- Hochleithner, M., 2004. *Störe-Bilogie und Aquacultur*. AquaTech Publications, pp. 9-222.
- Holčík, J., 1989. *The freshwater fishes of Europe*. Vol. 1, Part II. General introduction to fishes. Acipenseriformes. AULA – Werlag Wiesbaden, pp. 469.
- Chebanov, S.M., Galich, E.V., 2013. *Sturgeon Hatchery Manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 558. FAO, Rome, pp. 122-130.
- Chikhachev, A.S., 1996. Multiyear's monitoring of genetic structure of Azov sturgeon populations. Abstracts of the First Russian Ichthyological Congress. Moscow, Izdatel'stvo VNIRO, pp. 368–369.
- Izquierdo, M.S., Arakawa, T., Takeuchi, T., Haroun, R., Watanabe, T., 1992. Effect of n-3 HUFA levels in *Artemia* on growth of larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture* 105, 73-82.
- Jalali, M.A., Hosseini, S.A., Imanpour, M.R., 2008. Effect of vitamin E and highly unsaturated fatty acid-enriched *Artemia urmiana* on growth performance, survival and stress resistance of Beluga (*Huso huso*) larvae. *Aquac. Res.* 39, 1286-1291.
- Kahanec, M., 2014. *Metody odchovu raných stádií jeseterovitých ryb*. FROV JU Vodňany, 51 s. Bakalářská práce.
- King, N. J., Howell, W. H., Hubey, M. and Bengtson, D. A., 2000. Effect of larval stocking density on laboratory-scale and commercial-scale production of summer flounder *Paralichthys dentatus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 31, 436–445.
- Kottelat, M. and Freyhof, J., 2007. *Handbook of European freshwater fishes*. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin, pp. 646.



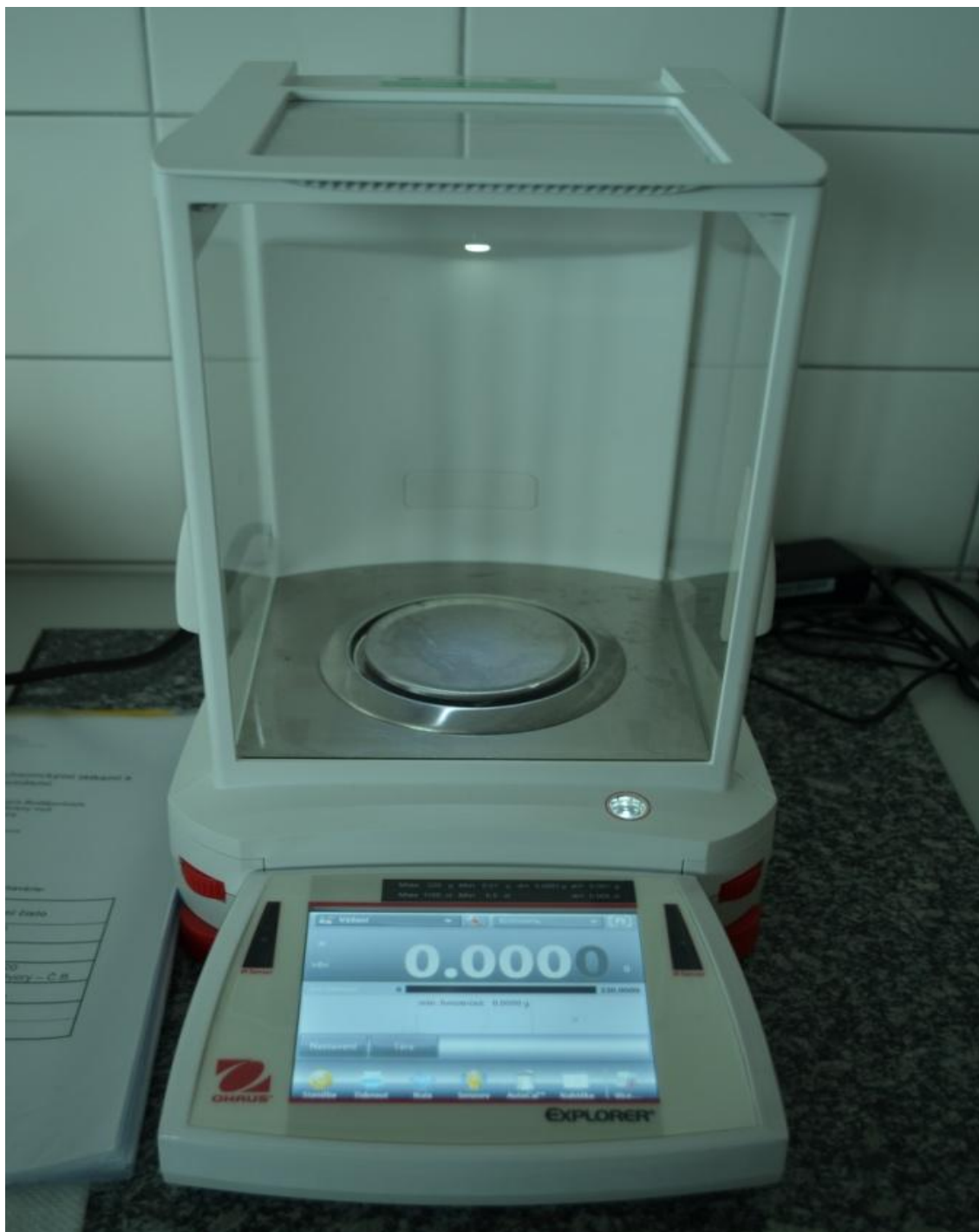
- Koueta, N., Boucaud-Camou, E., Noel, B., 2002. Effect of enriched natural diet on survival and growth of juvenile cuttlefish *Sepia officinalis* L. *Aquaculture* 203, 293-310.
- Kouba, A., Hamáčková, J., Kozák, P., 2009. Dekapsulace, líhnutí a odkrm žábřonožek rodu *Artemia*. *Edice Metodik (technologická řada), VÚRH JU Vodňany*, č. 94, 35 s.
- Koven, W., Barr, Y., Lutzky, S., Ben-Atia, I., Weiss, R., Harel, M., Behrens, P., Tandler, A., 2001. The effect of dietary arachidonic acid (20:4n-6) on growth, survival and resistance to handling stress in gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture* 193, 107-122.
- Léger, P., Bengtson, D.A., Sorgeloos, P., Simpson, K.L., Beck, A.D., 1987. The nutritional value of *Artemia*: a review. In: Sorgeloos, P., Bengtson, D.A., Declair, W., Jaspers, E. (Eds.), *Artemia* research and its applications, Ecology, Culturing, Use in Aquaculture, vol. 3 Universa Press, Wetteren, pp. 357-372.
- Merchie, G., 1996. Use of nauplii and metanauplii. In: Lavens, P., Sorgeloos, P. (Eds.), *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper No. 361. FAO, Rome, pp. 79-106.
- Mims, S.D., Shelton, W.L., 1998. Induced meiotic gynogenesis in shovelnose sturgeon. *Aquac. Int.* 6, 323 - 329.
- Noori, F., Azari Takami, Gh. and Sorgeloos, P., 2002. Enrichment of *Artemia* with Essentials fatty acids, lipid emulsions and vitamin C and its effect on the performance of *Acipenser persicus* larvae under the effect of salinity stress. *Extended Abstracts Aquaculture, 5th ISS, Ramsar, 2005*, pp. 54-55.
- Noori, F., Takami, G.A., Van Speybroeck, M., Van Stappen, G., Shiri-Harzevili, A.R., Sorgeloos, P., 2011. Feeding *Acipenser persicus* and *Huso huso* larvae with *Artemia urmiana* nauplii enriched with highly unsaturated fatty acids and vitamin C: effect on growth, survival and fatty acid profile. *J. Appl. Ichthyol.* 27, 781-786.
- Podushka, S.B., 2003. On the systematics of Russian sturgeon from the Azov Sea. *Nauchno-Tehnicheskii Byulleten Laboratorii Ikhtiologii INENKO*, 7, 19 - 44.
- Ponomarev, S.V., Gamygin, E.A., Nikonorov, S.I., Ponomarev, E.N., Grozesku, Yu.N., Bakhareva, A.A., 2002. Technology of rearing and feeding of aquaculture objects in the south of Russia. *Astrakhan, Nova plus*, pp. 263.
- Rosenthal, H., Pourkazemi, M., Bruch, R., 2006. The 5(th) International Symposium on Sturgeons: a conference with major emphasis on conservation, environmental mitigation and sustainable use of the sturgeon resources. *J. Appl. Ichthyol.* 22, 1-4.
- Sargent, J.R., McEvoy, L.A., Bell, J.G. (1997) Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture* 155, 117-127.
- Sedlák, E.: *Zoologie bezobratlých*, Masarykova univerzita, Brno, 2005, 337 s.
- Sorgeloos, P., Coutteau, P., Dhert, P., Merchie, G., Lavens, P., 1998. Use of brine shrimp *Artemia* spp. in larval crustacean nutrition: a review. *Rev. Fish. Sci.* 6, 55-68.

- Sorgeloos, P., Lavens, P., Léger, Ph., Tackaert, W., Versichele, D. (1986) Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in aquaculture. Ghent University, Belgium, pp. 319.
- Sorgeloos, P.P., Lavens, Ph. Leger and W., Tackaert, 1991. State of the art in larviculture offish and shellfish. In: Lavens, P., Sorgeloos, P., Jaspers, E., Ollevier, F. (Eds), Larvi '91-Fish and Crustacean Larviculture Symposium, European Aquaculture Society, Special Publication. No. 15, Gent, Belgium, pp. 3-5.
- Wang, C., Xie, S., Zheng, K., Zhu, X., Lie, W., Yang, Y., Liu, J. (2005) Effects of live food and formulated diets on survival, growth and protein content of first-feeding larvae of *Plectobagrus fulvidraco*. *J. Appl. Ichthyol.* 21, 210-214.
- Williot, P., Sabeau, L., Gessner, J., Arlati, J., Bronzi, P., Gulyas, T., Berni, P., 2001. Sturgeon farming in Western Europe: recent developments and perspectives. *Aquat. Living Resour.* 14, pp. 367–374.
- Young, P.S., Cech, J.J., 1996. Environmental tolerances and requirements of splittail. *Trans Am Fish Soc*, 125, pp. 664–678.
- Zajíc, T., Mráz, J., Kozák, P., Picková, J., 2011. Možnosti produkce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin. *VÚRH JU, Vodňany*, č. 112, s. 7-19.
- Zheng, F., Takeuchi, T., Yosheda, K., Kobayashi, M., Hirokawa, J., Watanabe, T., 1996. Requirement of larval cod for arachidonic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid using enriched *Artemia* nauplii. *Nippon Suisan Gakkaishi* 62, 669-676.

## 8. Přílohy



Příloha č. 1: Binolupa s fotoaparátem pro focení larev jesetera (foto autor).



Příloha č. 2: Analytické váhy pro vážení larev jesetera (foto autor).

## 8. Abstrakt

Cílem práce bylo zjistit efektivitu obohacování artemie (*Artemia salina*) o nenasycené mastné kyseliny a posoudit jejich vliv na biometrické parametry a přežití larev jesetera malého (*Acipenser ruthenus*). Předmětem práce bylo rovněž vyhodnotit optimální dobu krmení živou potravou. Bylo testováno 6 skupin ryb, každá ve 3 opakováních (celkem 18 akvárií). Jednotlivé skupiny se odlišovaly předkládanou potravou, kterou tvořila živá obohacená či neobohacená artemie a délkou doby krmení živou potravou. Larvy byly krmeny neobohacenou artemií (kontrola), artemií obohacenou o komerční emulzi Red Pepper a artemií obohacenou o produkt Olioo3. Po sedmi a čtrnácti dnech následoval přechod na suché krmivo. Skupiny byly krmeny po dvouhodinových intervalech od 8:00 do 20:00, tedy sedm krmných dávek denně. Z výsledků vyplynulo, že obohacení artemie o produkty Red Pepper a Olioo3 mělo vliv na zvýšené množství nenasycených mastných kyselin v těle larev jesetera malého. Vyšší hodnoty přírůstku dosáhly skupiny, krmené živou potravou sedm dní, v porovnání se skupinami krmenými artemií čtrnáct dní. Výsledky ovšem nebyly signifikantní. Nejlepších hodnot přežití dosáhla skupina larev krmená čtrnáct dní artemií obohacenou o produkt Red Pepper. Zároveň krmení živou potravou po čtrnáct dní vedlo ke zvýšení přežití a snížení kanibalismu. Získané výsledky ukazují, že obohacení artemie o nenasycené mastné kyseliny má pozitivní vliv při odkrmu raných stádií ryb, především z hlediska jejich vyššího přežití.

**Klíčová slova:** *Acipenser ruthenus*, artemie, obohacování, mastné kyseliny, růst, přežití.

## 9. Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of enrichment of *Artemia* on biometrical parameters and survival rate of sterlet larvae (*Acipenser ruthenus*). Additionally, the purpose was to determine the optimal duration of live feeding. The fish larvae were divided into six experimental groups with three replicates of each treatment (18 rectangular tanks). The groups differed in the type of food and duration of live feeding. Fish larvae were fed non-enriched *Artemia* (control group), enriched *Artemia* with commercial emulsion Red Pepper and *Artemia* enriched with emulsion Oliow3. The duration of live feeding was 7 and 14 days before weaning to dry granulated food. Feeding was carried out 7 times per day from 8:00 to 20:00. The results showed, that the enrichment of *Artemia* with Red Pepper and Oliow3 emulsions increased the level of unsaturated fatty acids in sterlet larvae. Furthermore, the experimental groups fed live food for 7 days showed better growth rate. A significantly higher survival rate was observed in the group fed *Artemia* enriched with Red Pepper emulsion for 14 days. Additionally, feeding with live food for 14 days improved survival and reduced cannibalism in all investigated groups. The results suggest a positive impact of the enrichment of *Artemia* with polyunsaturated fatty acids on the first feeding of fish larvae, primarily improving the survival rate.

**Keywords:** *Acipenser ruthenus*, *Artemia*, enrichment, fatty acids, growth performance, survival.