

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Bakalářská práce

**Vliv nasycení kyslíku ve vodě na efektivitu intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačním akvakulturním systému**

**Autor:** Petr Vojta

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Jiří Křišťan, Ph.D.

**Konzultant bakalářské práce:** doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.

**Studijní program a obor:** Rybářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** 2.

České Budějovice, 25.5.2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma “ Vliv nasycení kyslíku ve vodě na efektivitu intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačním akvakulturním systému” vypracoval samostatně pouze na základě níže uvedených pramenů a literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 25.5.2020

podpis studenta

## **Poděkování**

V první řadě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Křišťanovi, Ph.D. za ochotu, odbornou pomoc a čas, který mi poskytl při zpracování dat a celkové mojí práce. Dále děkuji Ing. Petru Císařovi, Ph.D. za poskytnuté konzultace v oblasti statistiky, svému konzultantovi doc. Ing. Tomáši Policarovi, Ph.D. za odborné vedení. Děkuji také své rodině a přátelům, kteří mi byli při psaní bakalářské práce velkou oporou.

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## Fakulta rybářství a ochrany vod

Akademický rok: 2018/2019

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Petr VOJTA  
Osobní číslo: V18B041P  
Studijní program: B4103 Zootechnika  
Studijní obor: Rybářství  
Téma práce: Vliv nasycení kyslíku ve vodě na efektivitu intenzivního chovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačním akvakulturním systému  
Zadávající katedra: Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

#### Zásady pro vypracování

Candát obecný (*Sander lucioperca* L.) patří v celé řadě evropských zemí (např. ve Francii, Německu, Polsku, Švýcarsku a České republice) z hlediska chutnosti masa a sportovního rybolovu mezi nejcennější a nejvyhledávanější druhy ryb. V současné době pochází většina tržních ryb z volných vod a malé množství z recirkulačních akvakulturních systémů (RAS). Chov candáta obecného v RAS je velice obtížný a stále se v poslední době hledají a optimalizují podmínky jeho chovu v RAS. Jedním problémem v intenzivním chovu candáta obecného je, že v podstatě není stanoveno či zjištěno optimální nasycení vody kyslíkem pro tento na kyslík velmi choulostivý druh. Z tohoto důvodu je realizace této práce vysoce žádoucí pro stávající a budoucí RAS farmy po celé České republice.

Cílem bakalářské práce bude porovnat mezi sebou tři zvolené režimy nasycení kyslíkem pro tento druh (hypoxii, normooxii a hyperoxii). V zmíněných třech kyslíkových režimech budou sledovány následující parametry chovu, které budou mezi jednotlivými skupinami vzájemně matematicky a statisticky porovnány: mortalita, přežití, kanibalismus a růst ryb (v podobě SGR, TL, W), konverze živin (v podobě FCR), kondice a zdravotní stav odchovávaných ryb (v podobě FC). Také budou porovnány hematologické a biochemické ukazatele krevního profilu a stresové indikátory.

Rozsah pracovní zprávy: 30-50 stran  
Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

#### Seznam doporučené literatury:

Polícar T., Stejskal V., Kříšťan J., Podhorec P., Švinger V., Bláha M. 2013. The effect of fish size and density on the weaning success in pondcultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles. *Aquaculture International* 21, 869-882.

Polícar, T., Blecha, M., Kristan, J., Mraz, J., Velisek, J., Stara, A., Stejskal, V., Malinovskyi, O., Svacina, P., Samarin, A. M. 2016. Comparison of production efficiency and quality of differently cultured pikeperch (*Sander lucioperca* L.) juveniles as a valuable product for on-growing culture. *Aquaculture International* 24, 1607-1626.

Polícar, T., Kříšťan, J., Hampel, J., Blecha, M., Kolářová, J., 2018a. Provozní manuál sloužící k efektivnímu provozu intenzivní akvakultury využívající RAS. *Edice Metodik (Certifikovaná metodika)*, FROV JU Vodňany, č. 169, 45 s.

Polícar, T., Fuka, T., Blecha, M., 2018b. Nové postupy a technologické komponenty a možnosti jejich využití v akvakultuře. *Edice Metodik (Certifikovaná metodika)*, FROV JU Vodňany, č. 170, 42 s.

Overton, J. L., Toner, D., Polícar, T., Kucharczyk, D. 2015. Commercial Production: Factors for Success and Limitations. In: Kestemont, P., Dąbrowski, K., Summerfelt, R. C., (ed.), *European Percid Fish Culture, Biology and Culture of Percid Fishes*, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 881-890.

Schram, E., Roques, J.A.C., Van Kuijk, T., Abbink, W., Van de Heul, J., De Vries, P., Bierman, S., Van de Vis, H., Flik, G., 2014. The impact of elevated water ammonia and nitrate concentrations on physiology, growth and feed intake of pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture* 420-421, 95-104.

doi:10.1016/j.aquaculture.2013.10.027

Svoboda, M. 2001. Stress in fish-review. Bull. RIFCH Vodnany 37: 169-191.

Vachta, R., Nysl, P., Smékal, D., Lepič, P., Buřič, M., 2015. Recirkulační systémy v chovech ryb. 2. vyd. Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, Vodňany, 223 s.

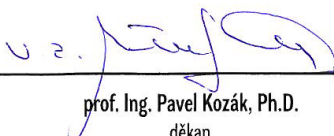
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kříšťan, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický


Konzultant bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Polícar, Ph.D.**  
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Datum zadání bakalářské práce: **11. ledna 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. května 2020**

V Českých Budějovicích dne 25. února 2019

  
\_\_\_\_\_  
**prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.**  
děkan

  
\_\_\_\_\_  
**prof. Ing. Tomáš Randák, Ph.D.**  
ředitel

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD  
Zařízení 728/II  
389 25 Vodňany (2)

# Obsah

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>8</b>
2.1. CANDÁT OBECNÝ: OBECNÁ CHARAKTERISTIKA .....	8
2.2. TAXONOMIE .....	9
2.3. MORFOLOGIE A REPRODUKCE DRUHU .....	9
2.4. VÝSKYT .....	10
2.5. POTRAVA A RŮST .....	11
2.6. PRINCIP DÝCHÁNÍ U RYB .....	12
2.6.1. <i>Žábry</i> .....	13
2.7. NÁHRADNÍ A NOUZOVÉ ZPŮSOBY DÝCHÁNÍ .....	15
2.7.1. <i>Kožní dýchání</i> .....	15
2.7.2. <i>Dýchání atmosférického vzduchu</i> .....	15
2.7.3. <i>Metabolické dýchání</i> .....	17
2.7.4. <i>Embryonální a larvální dýchání</i> .....	17
2.8. CHOV CANDÁTA V RAS A JEHO OPTIMÁLNÍ PARAMETRY .....	17
2.9. KYSLÍK .....	18
2.9.1. <i>Rozdělení ryb podle náročnosti na O<sub>2</sub></i> .....	19
2.9.2. <i>Hypoxie a její vliv na růst</i> .....	20
2.9.3. <i>Hyperoxie a její vliv na růst</i> .....	20
2.10. DUSÍK .....	21
2.11. PH .....	22
2.12. TEPLOTA .....	23
2.13. INTENZITA SVĚTLA .....	23
<b>3. MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>24</b>
3.1. EXPERIMENTÁLNÍ RYBY .....	24
3.2. PŘÍPRAVA ODCHOVNÝCH RAS .....	24
3.3. ZAHÁJENÍ EXPERIMENTU SLEDOVÁNÍ NASYCENÍ VODY KYSLÍKEM NA EFEKTIVITU CHOVU CANDÁTA OBECNÉHO V RAS .....	25
3.4. PRŮBĚH VLASTNÍHO EXPERIMENTU .....	25
3.4.1. <i>Měření kyslíku O<sub>2</sub></i> .....	27
3.4.2. <i>Další chovatelské úkony</i> .....	27
3.5. HODNOCENÉ PARAMETRY .....	27
3.5.1. <i>Koeficient konverze krmiva</i> .....	27
3.5.2. <i>Přežití ryb</i> .....	28
3.5.3. <i>Specifická rychlost růstu</i> .....	28
3.5.4. <i>Fultonův koeficient</i> .....	28
3.5.5. <i>Měření a vážení experimentálních ryb</i> .....	29
3.5.6. <i>Stanovení HSI, VSI, SSI</i> .....	29
3.5.7. <i>Stanovení biochemických hematologických a stresových indikátorů</i> .....	30
3.5.8. <i>Odběr krve</i> .....	31
3.5.9. <i>Stanovení hematokrytu (PCV)</i> .....	31
3.5.10. <i>Stresové parametry</i> .....	33
3.6. STATISTICKÉ HODNOCENÍ .....	34
<b>4. VÝSLEDKY</b> .....	<b>35</b>
4.1. PRŮBĚH PRŮMĚRNÉ KUSOVÉ HMOTNOSTI V HYPEROXII, NORMOXII A HYPOOXI V TEPLOTÁCH 20 °C A 23 °C .....	35
4.1.1. <i>RAS s teplotou vody 20 °C</i> .....	35
4.1.2. <i>RAS s teplotou vody 23 °C</i> .....	36
4.2. POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉ CELKOVÉ DÉLKY TĚLA TL .....	36
4.2.1. <i>RAS s teplotou vody 20 °C</i> .....	36
4.2.2. <i>RAS s teplotou vody 23 °C</i> .....	37
4.3. PŘEŽITÍ .....	38
4.3.1. <i>Přežití při 20 °C</i> .....	38

4.3.2.	<i>Přežití při 23 °C</i> .....	39
4.4.	SPECIFICKÁ RYCHLOST RŮSTU SGR .....	40
4.4.1.	<i>SGR při 20 °C</i> .....	40
4.4.2.	<i>SGR při 23 °C</i> .....	41
4.5.	KONVERZE ŽIVIN FCR .....	42
4.5.1.	<i>FCR 20 °C</i> .....	42
4.5.2.	<i>FCR 23 °C</i> .....	42
4.6.	FC FULTONŮV KOEFICIENT .....	43
4.6.1.	<i>FC 20 °C</i> .....	43
4.6.2.	<i>FC 23 °C</i> .....	44
4.7.	STANOVENÍ HSI, SSI, VSI EXPERIMENTÁLNÍCH RYB.....	44
4.8.	STANOVENÍ BIOCHEMICKÉHO PROFILU KRVE EXPERIMENTÁLNÍCH SKUPIN .....	45
4.9.	HEMATOLOGICKÉ VYŠETŘENÍ .....	47
4.10.	STANOVENÍ OXIDATIVNÍHO STRESU .....	48
4.10.1.	<i>Oxidativní stres při 20 °C</i> .....	48
4.10.2.	<i>Oxidativní stres při 23 °C</i> .....	51
5.	<b>DISKUZE</b> .....	<b>54</b>
6.	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>61</b>
7.	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>63</b>
8.	<b>PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>64</b>
9.	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b> .....	<b>72</b>
10.	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</b> .....	<b>73</b>
	<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>75</b>

## 1. Úvod

Candát obecný (*Sander lucioperca*) se díky kvalitě a chutnosti svého masa stává stále populárnější sladkovodní rybou z konzumního hlediska. Díky tomu je na trhu neustále se zvyšující poptávka po candátím mase. Doposud nejvyužívanější způsob chovu candáta v ČR byl v polykulturních obsádkách v rybníce s ostatními druhy ryb. Bohužel technologie využívané při výloveh těchto obsádek candátovi příliš nesvědčí a často bývá vysoká mortalita jakož to druhu velmi náročného na kvalitu vody a obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě. Tím se snižuje efektivita chovu do tržní velikosti.

Využívání recirkulačních akvakulturních systémů pro chov tohoto druhu se jeví jako velmi efektivní způsob, jelikož při chovu v RAS jsme schopni udržovat vcelku vysoké obsádky a držet požadovanou kvalitu vody. Další výhodou je i fakt, že se zkrátí i doba růstu do tržních velikostí. Problémem však jsou dosti nepopsané nároky candáta obecného při chovu v těchto intenzivních podmínkách.

Cílem této bakalářské práce bylo porovnání mezi sebou tří zvolených režimů nasycení kyslíkem pro candáta obecného (*Sander lucioperca*) hypoxii, normoxii a hyperoxii. Ve zmíněných třech kyslíkových režimech byly sledovány následující parametry chovu, které byly mezi jednotlivými skupinami vzájemně matematicky a statisticky porovnány: mortalita, přežití, kanibalismus, růst ryb (v podobě SGR, TL, W), konverze živin (v podobě FCR), kondice a zdravotní stav odchovaných ryb (v podobě FC). Také byly porovnány hematologické a biochemické ukazatele krevního profilu a stresové indikátory, aby byla možnost posoudit celkový vliv procentuálního nasycení kyslíkem.

Tuto práci jsem si vybral zejména proto, že candát obecný je velice atraktivní a dobrou konzumní rybou s malým obsahem tuku okolo 2 %, světlou svalovinou a dobrou tržní hodnotou. Díky intenzivnímu chovu v recirkulačních systémech je podle mého názoru možné pokrýt poptávku trhu po candátím mase, a tím omezit průmyslový odlov z volných vod v Evropě, který má za následek decimování přirozených populací ve volné přírodě.



## 2. Literární přehled

### 2.1. Candát obecný: obecná charakteristika

V Evropě je celková produkce candáta obecného (*Sander lucioperca*) tvořena zejména odchytem z jezer ve Švédsku, Finsku, Rusku, Estonsku, Kazachstánu, Polsku, Nizozemí a Německu. Produkce candáta odchytem z volných vod je v rozmezí 9 000 – 15 000 tun za rok (Dil, 2008; Policar a kol., 2014). V 70. letech minulého století byla tato hodnota větší než-li dvojnásobek, hodnota úlovků z evropských jezer byla 40 000 tun tržních ryb ročně. Trend produkce candáta z volných vod se tedy snižuje. Díky dlouhodobému odchytu a nesprávnému rybářskému hospodářství se tamní populace candáta narušily (Dil, 2008).

Díky nepravidelnému dodávání tržních ryb z volných vod a vysoké poptávce po tržním candátovi z oblasti konzumentů je kladen důraz na stabilní produkci a zásobení trhu tržní rybou. Díky tomuto trendu je kladen značný důraz na chov candáta v akvakultuře (Gielen a kol., 2003; Policar a kol., 2011). Roční produkce tržního candáta v Evropě je 500 – 1000 tun (Policar a kol., 2014). Akvakulturní způsob odchovu je taktéž velice vhodný pro odchov ryb určených pro vysazování do volných vod (Musil a Kouřil, 2012).

V posledních letech jsou používány pro chov candáta i nové technologické postupy, tzv. recirkulační akvakulturní systémy (RAS), chov je intenzivní a v uměle vytvořených podmínkách (Policar a kol., 2013).

## 2.2. Taxonomie

Tabulka 1: Taxonomické zařazení candáta obecného (*Sander lucioperca*)

Říše	živočichové ( <i>Animalia</i> )
Kmen	strunatci ( <i>Chordata</i> )
Podkmen	obratlovci ( <i>Vertebrata</i> )
Třída	ryby ( <i>Osteichthyes</i> )
Podtřída	paprskoploutví ( <i>Actinopterygii</i> )
Řád	ostnoploutví ( <i>Perciformes</i> )
Čeleď	okounovití ( <i>Percidae</i> )
Rod	candát ( <i>Sander</i> )

(Dubský, 1998)

## 2.3. Morfologie a reprodukce druhu

Tělo candáta je vřetenovitého protáhlého tvaru. Ústa jsou hluboce rozeklaná a terminální, neboli koncová. Čelisti má osazené drobnými zuby. Oči posunuté dopředu, v oku vrstva tapetum lucidum usnadňující orientaci ve špatných světelných podmínkách. Po celém těle se nachází ktenoidní šupiny. Na hřbetní části jsou dvě přibližně stejně velké hřbetní ploutve s pevnými ostrými ploutevními paprsky. Hřbet je tmavozelený až šedozelelý. Na těle je 8 – 12 méně výrazných tmavých pruhů. Na ocasní a hřbetních ploutvích jsou tmavé skvrny tvořící řadu (Dubský, 1998).

K přirozenému výtěru candáta dochází v podmínkách našeho klimatického pásma od druhé poloviny dubna až do konce května, při teplotě vody od 10 do 14 °C na kořínky rostlin, čistá písčité nebo šterko-písčité dna (Dubský, 1998). Candát obecný je druh ryby připravující výtěrové místo. Mlíčák pohybem těla a ploutví zvirí vodu, kterou odstraní nečistoty a sediment ze dna a vytváří tím výtěrové hnízdo v hloubce 0,5 – 2 m (Hartman a Regenda, 2016). Samec se ihned po výtěru aktivně stará o jikry. Specifickým pohybem prsních ploutví přivádí okysličenou vodu na jikry,

díky tomu dochází ke správné inkubaci. V péči přetrvává až do doby vykulení (Baruš a Oliva, 1995). Inkubační doba jiker candáta je 120 – 150 °D. Relativní plodnost jikernačky candáta je 150 000 – 200 000 kusů jiker na kilogram hmotnosti ryby. Velikost jiker je uváděna v rozmezí 0,84 – 1,08 mm. Mají špinavě zelenou barvu (Lappalainen a kol., 2003).

Při chovu candáta v recirkulačních akvakulturních systémech lze také candáta obecného vytříit i takzvaně mimosezóně. Jde o metodiku, při které se uměle ovlivňuje fotoperioda a teplota vody. Tímto procesem lze urychlit výtěr candáta až o 2 měsíce, z čehož vyplývají lepší roční přírůstky (Müller-Belecke a Zienert, 2008).

## 2.4. Výskyt

Mimo candáta obecného (*Sander lucioperca*) známe i další čtyři druhy: (*Sander vitreum*), (*Sander marinus*), (*Sander canadense*), (*Sander volgensis*), candát východní (*Sander volgensis*) se vyskytuje pouze v povodí Černého a Kaspického moře (Terek, Dunaj, Ural, Volha,). *Sander canadense* se vyskytuje v povodí řeky Mississippi, v řekách a jezerech Arkansasu a na Floridě v řece Apalachicola. *Sander marinus* žije v brakických vodách Černého a Kaspického moře. *Sander vitreum* se vyskytuje od Texasu přes Alabamu, Mississippi, Arkansas až po centrální část Severní Ameriky (Oliva a Baruš, 1995b; Bokor a kol., 2007; Clark-Kolaks, 2009).

Candát je naší původní rybou v České republice, díky umělému vysazování se s ním setkáme po celém území ČR, ve všech typech tekoucích i stojatých vod povodí Labe, Moravy i Odry (Hanel a Lusk, 2005). Původně je to však ryba cejnového pásma. Candát preferuje a zejména prospívá v pomalu tekoucích vodách nebo přehradách s tvrdým členitým dnem, jako jsou štěrko-písčité či kamenité dna. Candát je ryba stanovištní, preferující stanoviště v hlubokých partiích nádrží či u dna koryt řek, která vyráží aktivně za potravou do mělkých vod litorálu. Může i migrovat za vhodnými podmínkami za účelem výtěru, či do vod s větším obsahem rozpuštěného kyslíku. Zimní období přetrvává v klidovém stavu v hlubokých vodách (Holčík a Mihálek, 1971).

## 2.5. Potrava a růst

Vzhledem k rozšířenému výskytu a oblíbenosti v kulinářství je chovu candáta věnována zvláště velká pozornost v oblasti umělých chovů, což vyžaduje dobrou znalost jeho ontogeneze, která je závislá na znalosti potravních návyků od nejranějších stádií.

Během vývoje candáta se potravní spektrum značně mění, larvy přecházejí na exogenní výživu, jak udává Ljunggren, (2002), při délce těla mezi 6 – 8 mm, což je asi po strávení  $\frac{3}{4}$  žloutkového vajíčka po vykulení jedince (Hartman a Regenda, 2016). Přechod larev na exogenní výživu je kritický faktor, proto je důležitá abundance drobného planktonu, přibližně 1000 ind.l<sup>-1</sup> (Berka a Hamáčková, 1980). Zejména 5 dní po zahájení exogenní výživy, kdy malá larva není ještě schopna efektivně aktivně lovit.

Malá koncentrace potravních živočichů vede k pomalému růstu a velkým procentuálním ztrátám v důsledku podvyživení. Plůdek přechází na živočišnou potravu, jako je drobný zooplankton například perloočky, klanonožci a vířníci. V tomto období se můžeme také setkat s dalším problémovým faktorem, kterým je zákal vody. Candát se při lovu orientuje výhradně zrakem, tím pádem malá průhlednost vody přímo ovlivňuje úspěšnost lovu a intenzitu příjmu potravy (Zingel a Paaver, 2010). V omezené míře plůdek dokáže lovit i zoobentos (Steffens a kol., 1996). Adámek a kol., (2010) ale uvádí, že k živočichům žijícím hlouběji v sedimentu proniknout nedokáže. Při dosažení velikosti přibližně 12 – 15 mm se u plůdku začíná projevovat kanibalismus (Bastl, 1978; Balik a kol., 2006). Větší jedinci jsou schopni také přijímat larvy hmyzu, nejčastěji pak z řádu: Diptera čeledí: pakomárovití (*Chironomidae*), komárovití (*Culicidae*), chrostíci (*Trichoptera*), jepice (*Ephemeroptera*). V návaznosti poté přechází na lov ryb. Velikost lovených potravních rybek se zvětšuje s jejich rostoucí délkou (Dyk, 1956). Při konzumaci bezobratlých je krmný koeficient u candáta vysoký, uvádí se až hodnota 14,1 (Hartman a Regenda, 2016).

Baruš a Oliva, (1995b); Hanel a Lusk, (2005) udávají spotřebu 3 – 6 kg potravních ryb na přírůstek 1kg candáta. V přirozených podmínkách tak candát přijímá okolo 200 – 250 % vlastní hmotnosti za 1rok. Přírůstky candáta

jsou v rybničních chovech v prvním roce 80 – 150 mm celkové délky o hmotnosti 10 – 15 g, ve druhém roce 200 – 300 mm celkové délky a 250 – 500 g, třetí 300 – 350 mm celkové délky a 500 – 1000 g (Volf, 1928). Rybniční produkce však není jediná složka ze spektra možností chovu candáta, především v posledních 10 letech s rozvojem recirkulačních akvakulturních systémů.

V současné době se v Evropě nejčastěji aplikuje model chovu následujícím způsobem. Candát se nasazuje do RAS o hmotnosti 15 – 30 g. V počátečních fázích (W 15 – 100 g) se při použití nádrží o objemu 2 až 5 m<sup>3</sup> udržuje obsádka 10 – 30 kg/m<sup>3</sup>. Větší nádrže (20 – 30 m<sup>3</sup>) se používají pro závěrečnou fázi, ve které jsou ryby chovány do 1 kg při maximální hustotě obsádky 80 kg / m<sup>3</sup>. Ryby se třídí 2krát nebo 3krát. Nejprve při 100 až 150 g, podruhé při 200 až 250 g a potřetí když ryby dosáhnou 500 až 600 g. Ryby o velikosti cca 1 kg mohou být získány po asi 15 – 18 měsících růstu v RAS (Szkudlarek, M. & Zakęś, Z., 2007).

## 2.6. Princip dýchání u ryb

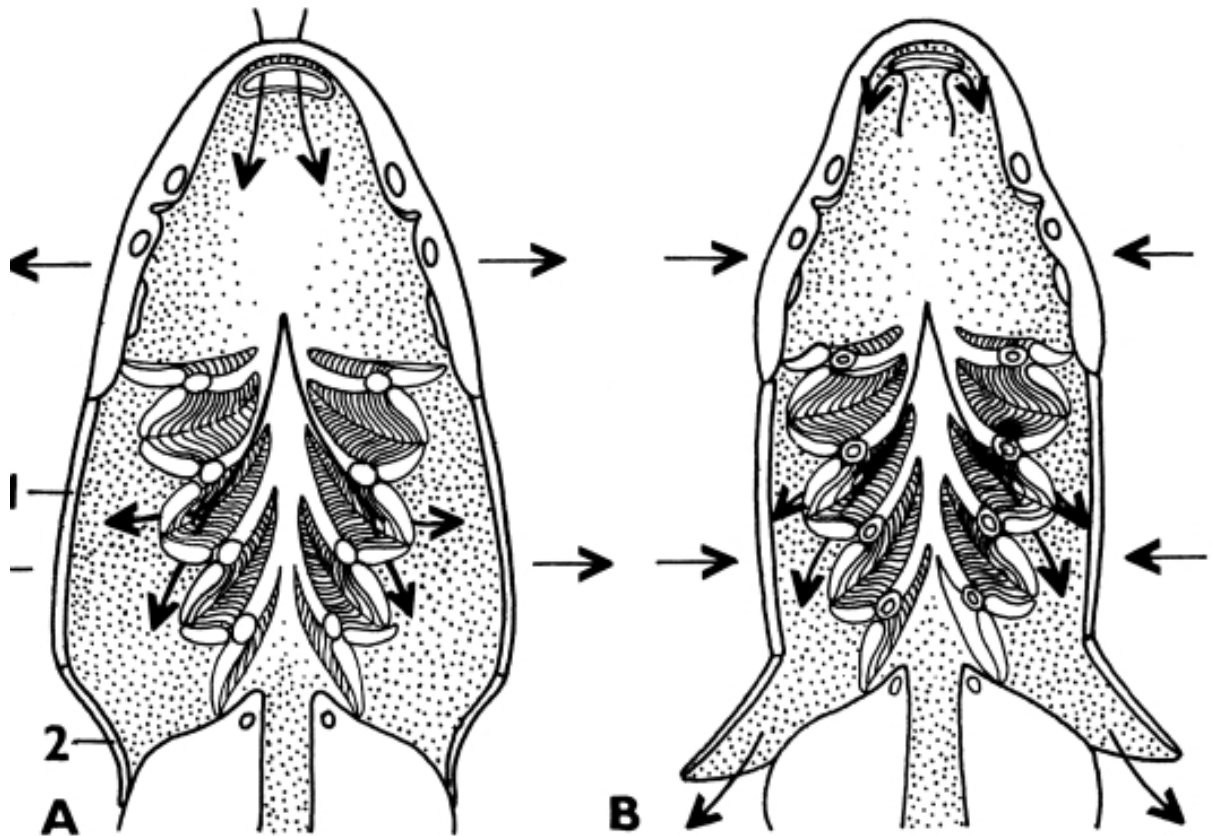
Oproti suchozemským obratlovcům je dýchací soustava u ryb velmi primitivní. Nejsou vyvinuty plíce ani cesty dýchací, místo tohoto systému jsou vyvinuty žábry (*branchia*). Díky nim je rybí organismus zásoben kyslíkem, pomocí žaber je možná výměna CO<sub>2</sub> i vylučování dusíku ve formě amoniaku, čímž se značně podílejí na osmoregulaci (Dubský a kol., 2003). Mimo jiné se u některých exotických druhů ryb vyvinuly i jiné dýchací aparáty a struktury jako například sliznice dutiny ústní, labyrint (typickým zástupcem chovaným v recirkulačních akvakulturních systémech je *Clarias*), anebo dýchání pomocí kůže (typickým zástupcem je například úhoř říční *Anguila anguila*)

Nezbytný faktor pro správné fungování žaber je rozpuštěný O<sub>2</sub> ve vodě, například při 100% nasycení vody kyslíkem žábry pracují s 50 – 80% účinností. Efektivitu a funkci žaber ovlivňuje jak zdravotní stav ryby, věk, druh, ale také velikost daného jedince (Baruš a kol., 1995a).

### 2.6.1. Žábry

Jsou vlastní výkonný dýchací orgán ryb. Respirační tkáň nasedá na kostěnou či chrupavčitou nosnou oporu. Jsou tvořeny čtyřmi páry žaberních oblouků. Pátý žaberní oblouk je buď zakrnělý anebo u kaprovitých ryb přetvořen na pár požerákových zubů. Na kaudálním konci hlavy se žábry nacházejí v pravé a levé žaberní dutině, nejsou od sebe odděleny žádnou svalovinou jako například u chrupavčitých ryb anebo paryb. Jsou kryté tvrdými kostěnými víčky, takzvanými skřelovými víčky. Na kaudálním a ventrálním okraji skřelí je kožní řasa (membrána branchialis), která lemuje okraj skřelí, slouží k utěsnění žaberní dutiny při nasávání vody.

Odkysličená krev ze srdce do žaber je vedena jednou žaberní tepnou, ta zásobuje všechny čtyři žaberní oblouky. Pomocí dvou cév je rozvedena do žaberních lístků, kde se následně krev okysličí. Okysličená krev je pak cévami sbírána do odvodné tepny, ze které je odvodnými cévami okysličená krev vedena a rozváděna po těle. Vlastní dýchání je proces, při kterém se v žábrách pomocí rozpuštěného kyslíku, okysličí odkysličené krvinky, přitom dochází k vyloučení CO<sub>2</sub> a N pomocí amoniaku. Pro tento proces je důležité pravidelné a konstantní oplachování žaber (Baruš a Oliva, 1995a).



Obrázek 1: Funkce žaberního aparátu kostnatých ryb

A otevřená ústa, uzavřená žaberní dutina

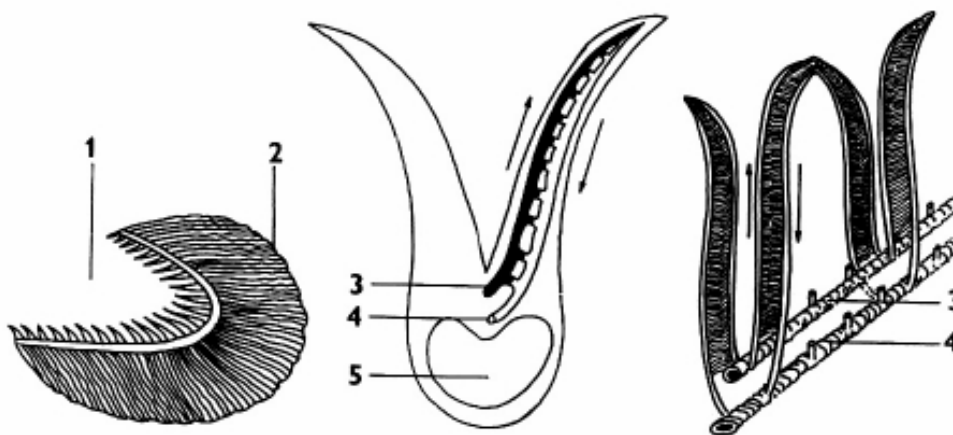
B uzavřená ústa, otevřená žaberní dutina

1 skřelové kosti, 2 membrana branchiostegalis

(podle Nadaud, 1974 a Hardera, 1975, rybářská specializace MENDELU [online])

#### 2.6.1.1. Pevná opora žaber

Je tvořena žaberními oblouky chrupavčitého či kostěného charakteru třetího až šestého žaberního oblouku. Na nichž se na vnější straně nachází dva páry žaberních lístků tvořených žaberními destičkami. Na vnitřní straně se nacházejí žaberní tyčinky sloužící k filtraci jemné potravy (Baruš a kol., 1995a).



Obrázek 2: Stavba žaberního aparátu 1 spinae branchiales, 2 primární žaberní lamely 3 arteria branchialis afferens, 4 arteria branchialis efferens, 5 žaberní oblouk (podle Nadaud, 1974 a Hardera, 1975, rybářská specializace MENDELU [online])

## 2.7. Náhradní a nouzové způsoby dýchání

### 2.7.1. Kožní dýchání

Tento způsob dýchání je poměrně jednoduchý, jde o prostou difuzi kyslíku do cév uložených v kůži a pod ní. Podíl a intenzita kožního dýchání je druhově rozmanitá. Větší podíl kyslíku v těle přijmutý kožním dýcháním je zejména u druhů ryb, které žijí v podmínkách chudých na kyslík (Roberts, 1975b). Baruš a kol., (1995a) uvádí příklad u kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a karase obecného (*Carassius carassius*), kdy se tyto druhy dokáží udržet při životě ve vlhkém prostředí mimo vodu i několik hodin. Baruš a kol., (1995a) také rozdělil ryby podle intenzity kožního dýchání do několika skupin. 1. jsou ryby přizpůsobivé, kdy kožní dýchání pokrývá 17 – 22 % kyslíkové bilance (např. úhoř říční (*Anguila anguila*), lín obecný (*Tinca tinca*), 2. skupinou jsou zejména druhy reofilní, žijící u dna. Podíl kožního dýchání u nich představuje 10 – 13 % kyslíkové bilance. Zástupci této skupiny jsou zejména jeseterovití (*Acipenseridae*). 3. poslední skupinou jsou ryby lososovité, velmi náročné na kvalitu a čistotu vody, u nichž je podíl kožního dýchání velice nízký 3 – 9 %.

### 2.7.2. Dýchání atmosférického vzduchu

Některé druhy ryb jsou schopny přijímat i atmosférický kyslík mimo ten, který je rozpuštěný ve vodě. Ten vstřebávají jinými orgány než jsou žábry jako například sliznicí dutiny ústní, hltanem a střevem či plynovým měchýřem.



U exotických druhů byly vytvořeny i speciální orgány jako jsou labyrinty a keříčkové orgány (Peters,1978).

### **Střevní dýchání**

Nám typicky známým rybím druhem využívající střevní dýchání je piskoř pruhovaný (*Misgurnus fossilis*), který polyká vzduch. Ten projde trávicí trubicí do střeva. V zadní části je střevo piskoře velmi hustě propleteno cévami a krevními kapilárami. Do těla se kyslík dostává přímou difuzí ze zažívacího traktu. Střevním dýcháním piskoř pokrývá až 30 % své kyslíkové potřeby (Graham a kol., 1977).

### **Dýchání pomocí plynového měchýře**

Toto dýchání je možné díky tzv. ductus pneumaticus, což je zachované spojení jícnu a plynového měchýře. Tento fyziologický jev se vyskytuje zejména u ryb physostomních. Vzduch je v plynovém měchýři kumulován a slouží jako rezerva pro rybí organismus. Spotřeba kumulovaného vzduchu přichází tehdy, kdy se ryba nachází ve stavu hypoxie. Dravé ryby si tímto principem zvyšují svoji kyslíkovou bilanci při dlouhodobějším polykání potravy. Typickým zástupcem je například blatňák tmavý (*Umbra krameri*) (Green, 1971).

### **Dýchání „labyrintem“**

Labyrint je speciální orgán, který se vyvinul zejména u tropických druhů ryb jako jsou rájovci a čichavci z podřádu *Anabantoidei*, kteří žijí v prostředí s permanentním nedostatkem kyslíku. Labyrint je tvořen kostěnými lamelami, pokrytými vaskularizovaným epitelem resorbující kyslík, ty vybíhají z 1. *epibranchyale*. Druhy, které mají vyvinut tento orgán mají regulovaný počet žaberních lístků na 3. a 4. žaberním oblouku, díky tomu nejsou schopny pouze žaberním dýcháním pokrýt kyslíkovou potřebu organismu a labyrintní dýchání se pro ně stává nepostradatelným (Kaestner, 1991). Stejný princip dýchání přídatným nadžaberním orgánem se objevuje i keříčkovce jihoafrického (*Clarias gariepinus*). Ten má místo labyrintu keříčkovitý útvar.

### **Pomocné dýchání dutinou ústní**

Toto pomocné dýchání je typické zejména pro ryby kaprovité (*Cyprinidae*), ryby nasávají u hladiny vzduch do dutiny ústní, kde se atmosférický kyslík částečně vstřebává přímou difuzí pomocí silně prokrvené sliznice měkkého patra (Baruš a kol., 1995a).

### **2.7.3. Metabolické dýchání**

Principem tohoto dýchání je metabolické odbourávání tuku. Vzniká dostatek endogenního kyslíku. Karas obecný je schopen tímto metabolickým procesem pokrýt i v anaerobním prostředí nejnutnější potřebu. Podmínkou je ale velmi nízká teplota vody 0 – 4 °C a tak snížené kyslíkové nároky (Blažka, 1957).

### **2.7.4. Embryonální a larvální dýchání**

U embryonálních a larválních stádií se intenzivně vyvíjí žaberní aparát, ten však z pravidla plně funguje až v juvenilním období. Rybí embrya a larvy mají vyvinuty různé mechanismy, kterými resorbují kyslík. Nejjednodušším principem je resorbce kyslíku z vody celým povrchem těla. Tento způsob je zejména vyvinut u pelagických druhů ryb, které prodělávají vývoj v dobře prokysličené vrstvě vody u hladiny. U ostatních druhů ryb s odlišným vývojem je tento způsob okysličení nedostačující. Okysličení je doháněno jinými principy, například endogenní dýchání pomocí metabolismu karotenoidů (Harder, 1975a). Embrya kaprovitých ryb mají dobře vyvinuty Couvierovy cévy. Ty slouží jako hlavní dýchací aparát, postupem vývoje se vytrácí. Embryonální dýchací orgány se u larev vyskytují tím déle čím menší obsah rozpuštěného kyslíku je v daném prostředí. Ranná stádia mohou resorbovat pouze rozpuštěný kyslík ve vodě nikoliv atmosférický (Harder, 1975a).

## **2.8. Chov candáta v RAS a jeho optimální parametry**

V intenzivní akvakultuře je odchov plůdku candáta poněkud obtížnější z důvodu nezastupitelnosti přirozené potravy a díky nedokončenému vývoji gastrointestinálního traktu (Baránek a kol., 2005). Zakęs a Demska-Zakęs, (1998) uvádějí velkou mortalitu a pomalý růst u larev od počátku krmených umělými krmivy. Pro zlepšení a zvýšení procentuálního přežití se přešlo na rozkrmování naupliovými stádii žábřonožky solné (*Artemia salina*) (Baránek a kol., 2005). Díky přidání vitamínu C (kyseliny askorbové) a obohacením krmiva o vysoce nenasycené mastné kyseliny, se zlepšil růst, přežití a zredukovaly se i tělesné deformace. (Kestemont a kol., 2007). Kombinace rybničního a intenzivního chovu

se však ukazuje jako nejlevnější a nejvhodnější varianta odchovu candátího plůdku (Ljunggren a kol., 2003; Molnár a kol., 2004; Zakeš, 2012). Tato metoda nejlépe eliminuje problémy s rozkrmováním larev. Tělesné deformace jsou pak minimální (Policar a kol., 2011). Candát se ponechává v rybnících do velikosti  $C_{ar}$  (rychlený candát má velikost hmotnost okolo 100 – 150 mg a 25 – 40 mm ve stáří 30 – 50dnů). Poté je sloven a přemístěn do recirkulačního akvakulturního systému RAS (Zakeš, 2012). Při délce těla rychleného plůdku 30 – 50 mm je vhodná doba jej odlovit, jelikož pro přechod na konzumaci krmných směsí je klíčová adaptace. Adaptace je postupná během 10 – 14 dní (Szkudlarek a Zakeš, 2002). Plůdek je ze začátku krměn pouze přirozenou potravou. Nejčastěji používané jsou larvy pakomárů rodu *Chironomus*, nitěnky rodu *Tubifex* či jakýkoliv zooplankton. Dále používáme cofeeding, což je postupné přidávání umělých krmiv spolu s živočišnou potravou a postupné ubírání množství zooplanktonu. Na konci adaptace krmíme pouze krmivem umělým (Bódis a kol., 2007; Molnár a kol., 2004). Adaptované ryby na prostředí RAS vykazují daleko lepší produkční vlastnosti než ryby chované v rybnících, díky tomu, že je máme pod kontrolou a kontrolujeme i dávky krmiva (Zakeš a Demská-Zakeš, 1998). Protože systémy RAS jsou ve stabilních podmínkách, nejsou ovlivňovány změnou počasí či ročního období, zvyšuje se tak efektivita přírůstku a přežití candátů (Policar a kol., 2014).

## 2.9. Kyslík

Pro dýchání ryb je důležitý kyslík rozpuštěný ve vodě v dostatečném množství. Nasycení vody kyslíkem vyjadřujeme v %. Koncentrace kyslíku je přímo závislá na teplotě vody, intenzitě světla a organickém znečištění. Přirozený způsob vniknutí kyslíku do vody je přirozenou difuzí z atmosféry, fotosyntézou zelených rostlin ve vodě či smísením s okysličenější vodou. U neznečištěných vod je běžná koncentrace 85 – 95 %  $O_2$  (Pitter, 1990). Nežádoucí vliv na vodní organismy je koncentrace kyslíku menší než 4  $mg.l^{-1}$ .

Aerace nebo oxygenace, jsou procesy, které se využívají v intenzivních akvakulturách ke správnému nasycení vody kyslíkem. Při nedostatku kyslíku ve vodě totiž dochází k malátnosti, zrychlenému pohybu žaber (příznakům dušnosti) a zpomalenému metabolismu u ryb. To vede až k poruchám příjmu potravy a může dále vést až k mortalitě. V intenzivních akvakulturách a chovech

je důležité hodnoty nasycení kyslíkem kontrolovat, jelikož spotřeba kyslíku roste v závislosti na množství ryb v nádržích, krmných dávkách a celkovou aktivitou ryb. Pro candáta se optimální koncentrace  $O_2$  uvádí 8 až  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ . Při teplotě vody  $21 - 22 \text{ }^\circ\text{C} = 80 - 95\%$  nasycení. Kritická až letální koncentrace je při poklesu kyslíku pod  $3 \text{ mg.l}^{-1}$  (pod  $40 - 44 \%$   $\text{mg.l}^{-1} O_2$  při teplotě  $21 - 22 \text{ }^\circ\text{C}$ ), kdy dochází až úmrtí ryb (Čítek a kol., 1998). Například u okouna říčního (*Perca fluviatilis*) bylo kritické nasycení vody kyslíkem při teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C} = 30,5 \%$  a při  $25 \text{ }^\circ\text{C} = 37 \%$  (Kljaštorin, 1982).

Naproti tomu je i možný negativní vliv způsoben přesyčením vody kyslíkem. Tento jev však nehrozí v přirozených podmínkách či akvakulturách obecně, nýbrž při přepravě ryb v PVE vacích nebo bednách sycených čistým kyslíkem (Lusk, 1983). Svobodová a kol., (2000) udávají, že dále by se tento jev mohl projevit v řízených akvakulturách při přesyčení vody kyslíkem  $250 - 300 \%$ , kdy toto nasycení má za následek nekrózu žaber, zaplísnění a následnou smrt.

### **2.9.1. Rozdělení ryb podle náročnosti na $O_2$**

Candát, jak už bylo zmíněno, je velice náročnou rybou na kvalitu vody a obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. V recirkulačních systémech je tento požadavek docílen mechanickou a biochemickou úpravou vody do požadované kvality.

V Intenzivních chovech jako jsou RAS jsou tyto požadavky ještě zvýšeny díky zrychlenému metabolismu ryb. Ten ovlivňuje intenzivní krmení, aerace či oxygenace vody a zhuštěné obsádky.

Hanel a Lusk, (2005) rozdělili ryby do čtyř tříd podle náročnosti na obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. Za 1. ryby velmi náročné, za 2. náročné, za 3. středně náročné a za 4. nenáročné. Candát patří do 1. skupiny to skupiny velmi náročných druhů na rozpuštěný kyslík ve vodě stejně jako jsou hrouzci a lososovité ryby. Ideální rozmezí rozpuštěného kyslíku uvádí od 7 do  $10 \text{ mg.l}^{-1}$ . Baruš a Oliva, (1995a) uvádí, že spotřeba kyslíku je ovlivněna zejména počtem ryb na  $\text{m}^3$ , druhem ryb, aktivitou, průměrnou hmotností obsádky a ostatními produkty metabolismu ryb nacházející se ve vodě. Pokorný, (1998) zmiňuje ještě důležitý fakt, kterým je krmení. Popisuje nebezpečí poklesu kyslíku v recirkulačních zařízeních zejména po silném nakrmení.

### 2.9.2. Hypoxie a její vliv na růst

U candáta nebyl doposud detailně tento vliv zkoumán, avšak tento vliv a dopady hypoxie byly zkoumány na mořském vlku (*Dicentrarchus labrax*). Doba trvání pokusu byla 30 dní. Nasazeny byly juvenilní stádia ryb nesourodé hmotnosti od 40 do 90 g. Z pokusu vyplývá, že hypoxie má přímý vliv na příjem krmiva. Při nasycení vody 40 – 86 % byl výrazně horší příjem krmiva, aktivita ryb, celkový zdravotní stav a kondice. Tím pádem i horší přírůstky. Konverze krmiva byla zachována v normě (Thetmeyer a kol., 1999).

Naopak Sumeček africký (*Clarias gariepinus*) tento jev snáší velice dobře. Dobře prosperuje i ve vodě o obsahu rozpuštěného kyslíku 20 % a i ve vodě značně eutrofizované, jelikož je to přímý zástupce takzvaných keříčkovců. Mají vyvinutý speciální orgán, který jim umožňuje extrahovat kyslík přímo z atmosféry a přežít jinak silně hypoxická prostředí (John N. Maina, 2018).

### 2.9.3. Hyperoxie a její vliv na růst

U candáta zatím detailně zkoumána nebyla, oproti jiným druhům ryb jako je halibut (*Hippoglossus hippoglossus L.*), kambala (*Scophthalmus maximus L.*) nebo losos obecný (*Salmo salar*). Všechny tyto druhy byly zkoumány v intenzivních chovech a akvakulturách. Všechny tyto práce se shodují na kladném vlivu hyperoxie na příjem krmiva, a tím i na růst ryb ve zhuštěných obsádkách.

**Losos obecný** (*Salmo salar*) pokus probíhal ve třech různých saturacích kyslíkem 93, 111, a 123 % při teplotě vody od 6,4 do 9 °C. Při hodnocení pokusu se průkazně zvýšil růst u skupiny ryb chovaných ve 123% nasycením kyslíkem oproti zbylým dvěma skupinám. V závěru a vyhodnocení této studie je uvedeno, že vliv saturace kyslíku nad 120 % u lososa obecného má pozitivní vliv na růst a zdravotní stav lososů (Hosfeld a kol., 2008).

**Halibut** (*Hippoglossus hippoglossus L.*) Thorarensen a kol., (2010) provedl pokus s halibutem s délkou trvání 94 dní, udává při pokusu 5 různých koncentrací rozpuštěného kyslíku ve vodě a to 150, 120, 100, 84 a 57 %. Jako násada sloužil juvenilní halibut o hmotnosti 40,5 – 50 g. Nejhorší růstová schopnost halibuta se projevila při nasycení vody kyslíkem 57 %, kdy biomasa byla o 45 % nižší než v nádrži se 100 %. Konverze krmiva se ve všech koncentracích výrazně nelišila.

Výsledek hodnotí nejvhodnější koncentraci kyslíku 80 – 100 % ve vodě.

**Kambala velká** (*Scophthalmus maximus L.*) je specifický druh, který snáší obrovské hodnoty přesycení kyslíkem. Person-Le Ruyet a kol., (2002) uvádí až 350% hyperoxii po dobu 10 dnů. Celkový pokus na kambale velké prováděli 30 dnů při těchto různých koncentracích 100, 147, a 223% nasycením vody kyslíkem. Při ukončení pokusu a vyhodnocení nebyly prokázány větší rozdíly v přírůstcích, spotřebě krmiva ani konverzi krmiva.

## 2.10. Dusík

Disociovaný iont  $\text{NH}_4^+$  se do živočišné buňky obtížně dostává, pro jeho strukturu je živočišná buňka v celku nepropustná, zatímco pro formu  $\text{NH}_3$  je stěna bez problémů propustná. Střední letální koncentrace  $\text{NH}_3$  (LC50) jak uvádí Svobodová a kol., (2000) pro lososovité 0,5 – 0,8  $\text{mg.l}^{-1}$ , pro kaprovité 1 – 1,5  $\text{mg.l}^{-1}$ . Přijatelná hodnota celkového amoniaku pro okounovité je dále 0,03  $\text{mg.l}^{-1}$  N- $\text{NH}_3$  (Stejskal a kol., 2009).

**Amoniak** je odpadní produkt metabolismu dusíku, pH pak ovlivňuje poměr mezi disociovanou a nedisociovanou formou. Dostává se do vodního prostředí přes žábry pomocí koncentračního spádu. Proto se v intenzivních chovech používají takzvané biologické filtry k odbourání této toxické formy  $\text{NH}_3$ . Celkový princip těchto filtrů je založen na vodní nádrži naplněné takzvanými kultivačními elementy (interní médium s velkým kultivačním povrchem), kde se kultivují bakterie potřebné k nitrifikaci (Bártů a Kopp, 2004).

**Dusitany** jsou další sledované formy vyskytující se ve vodním prostředí, jsou toxické, jelikož se váží na hemoglobin. Za vzniku methemoglobinu zabraňují vazbě s kyslíkem. Proto je důležité pozorovat koncentraci dusitanů ve vodě, jelikož působí letálně při vyšších koncentracích. Toxicitu dusitanů na ryby ovlivňuje koncentrace chloridů ve vodě. Letální koncentrace (LC50) se pohybuje ve velkém rozmezí od 3,8 do 30  $\text{mg.l}^{-1}$  (může být až 100  $\text{mg.l}^{-1}$ )  $\text{NO}_2^-$ . Tato forma se však v povrchových vodách vyskytuje v malých koncentracích díky snadné oxidaci, v přirozeném prostředí se tak otrava  $\text{NO}_2^-$  téměř nevyskytuje. Otravy  $\text{NO}_2^-$  mohou hrozit v intenzivních chovech při špatném fungování biologických filtrů, které nestačí odbourávat metabolické produkty ryb z  $\text{NH}_3$  na  $\text{NO}_2^-$  a dále pak na netoxický  $\text{NO}_3^-$ . Dusičnany ( $\text{NO}_3^-$ ) jsou biochemicky přeměněné meziproducty bakteriální nitrifikace v zásadě

se jedná o oxidaci amoniakálního dusíku. Kroupová a kol., (2005) uvádí, že otravám  $\text{NO}_2^-$  je možno předejít aplikací  $\text{NaCl}$  0,3 – 3 g.l<sup>-1</sup>. Tyto chloridy se váží na žaberní epitel, kde zabraňují proniknutí toxickým látkám, které pronikají do organismu právě přes žaberní aparát.

Čítek a kol., (1997); Pitter, (1990) uvádějí naopak, že dusičnany nejsou nijak významně nebezpečné pro rybí organismus v koncentracích, se kterými se můžeme běžně setkat, jelikož letální účinky se projeví až při koncentracích převyšující 1000 mg.l<sup>-1</sup>.

## **2.11. pH**

Voda je složena z jednoho atomu kyslíku  $\text{O}_2$  a dvou atomů vodíku H. Je nutné podotknout, že nepatrná část  $\text{H}_2\text{O}$  je rozložena na ionty a to  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$ . Pokud jsou tyto ionty v rovnováze, uvádí se neutrální reakce a to hodnota  $\text{pH} = 7$ . S touto rovnováhou se ve volném prostředí skoro nelze setkat, jelikož přírodní vody obsahují i jiné chemické sloučeniny, a tím ovlivňují disociaci vody. Pod hodnotu  $\text{pH} = 7$  se uvádí tato voda jako kyselá. Nad hodnotu  $\text{pH} = 7$  jako zásaditá (Hartman a kol., 1998). Fyzikálně chemický režim vody ovlivňuje aktivní reakce, tím jsou zásadně i ovlivňovány fyziologické procesy organismů žijící ve vodě (Heteša a Kočková, 1997).

Optimální rozmezí pro chov většiny sladkovodních ryb je v rozmezí  $\text{pH}$  od 6,5 – 8,5, což je prostředí neutrální až lehce alkalické (Timmons a kol., (2002).

V recirkulačních systémech může docházet v důsledku mineralizačních pochodů při čištění nádrží k poklesu  $\text{pH}$ , což může mít negativní vliv na obsádky (Pokorný, 1998).

Kaiser a Wheaton, (1983) uvádí, že díky rozdílným podmínkám pro kultivaci bakterií v biofiltrech není ještě optimální hodnota  $\text{pH}$  stanovena.

Pro nitrifikaci je ideální hodnota  $\text{pH}$  stanovena v rozsahu 7,2 – 7,8 Loveles a Painter, (1968).

Biofiltry mohou fungovat v rozmezí hodnoty  $\text{pH}$  6 – 9. Díky samostatné činnosti bakterií dochází k poklesu  $\text{pH}$  díky přeměně amoniaku na dusičnany. Aby se eliminoval negativní dopad na ryby. Timmons a kol., (2002) doporučuje držet hodnotu  $\text{pH}$  na spodní hranici, čímž předpokládá snížení stresu ryb v reakci na působení amoniaku.

## 2.12. Teplota

Je jedna z nejdůležitějších fyzikálních vlastností vody, jelikož přímo ovlivňuje životní děje, rozklad organické hmoty, rychlost biochemických reakcí ve vodě či koloběh látek ve vodě jako takových. Teplota má vliv na rozpustnost kyslíku, příjem potravy ryb. Ovlivňuje metabolismus či reprodukční schopnosti (Hanel a Lusk, 2005). Při vzrůstající teplotě roste i aktivita ryb či příjem potravy. Kontinuálně tak vzrůstá i spotřeba kyslíku (Jirásek a kol., 1977). V rybníčních chovech larev candáta se teplota vody pohybuje v rozmezí 16,0 – 20,4 °C. Při přechodu na akvakulturní chov z larev do juvenilního stádia se udržuje teplota kolem 21 – 23 °C. Při přechodu na suché krmivo je důležité tuto teplotu udržovat, protože při poklesu teploty pod 20 °C plůdek hůře přijímá potravu. Naopak při zvýšení teploty nad 25,5 °C se snižuje kondice ryb, neochotně přijímají potravu, a to má většinou letální následky. Wang a kol., (2009) udává optimální teplotu během vlastního intenzivního chovu teplotu 23 – 30 °C.

## 2.13. Intenzita světla

Pro příjem potravy je pro druhy přijímající potravu podle zraku důležitá světelná fáze dne. Při poklesu osvětlení na 0,1 – 10 luxů je nižší příjem potravy z důvodu jejího nenalezení. Candát se vyznačuje svou výraznou aktivitou při soumráčnosti, v juvenilních stádiích pak svou noční aktivitou (Baruš a Oliva, 1995a). Zakes, (1999) uvádí intenzitu osvětlení po celý den v hodnotě 30 luxů nad odchovnými nádržemi. Nagel, (1976) pak kompletní zastínění nádrží krom krmného místa. 18 hodin světla o nízké intenzitě 10-50 luxů a 6 hodin tmy uvádí (Beránek a kol., 2005).

Vliv intenzity světla a barvy nádrže ovlivňuje prosperitu candáta v intenzivních chovech. Ideální je osvětlení nádrží červeným spektrem světla, kdy je dokázán lepší specifický růst než spektrem bílého či modrého světla, jelikož středně dlouhé až dlouhé vlnové délky světla (535 – 603 nm) mají pozitivní vliv na růst candáta v intenzivním chovu (Luchiari a kol., (2006).



### **3. Materiál a metodika**

#### **3.1. Experimentální ryby**

Do obou systémů bylo nasazeno 23 400 kusů juvenilních ryb candáta obecného, které byly získané z rybníčního chovu (TL = 142,6 – 143,5 mm a W= 22,8 – 23,2 g). Do každé nádrže bylo nasazeno 1300 ks. Po nasazení experimentálních ryb do odchovných nádrží byly z počátku krmeny technikou ad libidum (podle chuti) krmivem Incio Plus s velikostí pelet 0,8, 1,1, a 1,5 mm od firmy Biomar, v pravidelných intervalech po celou dobu světelného dne od 7:00 do 19:00. Vždy 30 minut po rozsvícení odchovny a 30 minut před zhasnutím odchovny. Ačkoliv bylo podávané krmivo způsobem dle chuti, byly krmné dávky pečlivě váženy za účelem následného výpočtu koeficientu FCR (koeficient konverze krmiva), který byl vypočítáván na konci jednotlivých období podle FCR vzorce.

#### **3.2. Příprava odchovných RAS**

Experiment probíhal na výzkumném pracovišti Fakulty rybářství a ochrany vod (FROV JU) ve Vodňanech. Zde se nachází dva identické recirkulační akvakulturní systémy (RAS). Každý je tvořen devíti odchovnými nádržemi o objemu vody 1500 litrů, mechanickým bubnovým filtrem o minimálním průtoku vody 15 000 litrů za hodinu, biologickým filtrem, který má pohyblivé lože a filtračním médiem o objemu vody 15 000 litrů, ohřevem vody, zařízením ke směšování kyslíku a přítokovým a odtokovým potrubím. Dva zprovozněné systémy na FROV JU byly vybaveny generátorem ozónu od firmy OZONTECH s.r.o. Zlín-Štípa, modelem OT 10, který při průtoku vzduchu 4 – 10 litrů za minutu produkuje 10 g ozónu. Ozonizovaná voda dále protékala pískovým filtrem naplněným aktivním uhlím. Tento filtr se v daném RAS využíval zejména k odbourávání zbytkového ozónu, aby nedošlo k následnému proniknutí ozónu dále do systému a odchovných nádrží, kde by tento ozón mohl způsobit masivní úhyny anebo nevratné fyziologické změny na sledovaných jedincích. Dále v této části experimentu došlo k celkové kontrole a revizi RAS.

Tato příprava zahrnovala kontrolu, vyčištění a celkovou dezinfekci jednotlivých technologických prvků RAS, opravu a odstranění dalších netěsností. Dále pak následné napuštění celých systémů z důvodu naběhnutí všech biofiltrů

a stabilizaci prostředí pro samotný pokus.

### **3.3. Zahájení experimentu sledování nasycení vody kyslíkem na efektivitu chovu candáta obecného v RAS**

K danému experimentu byly využity dva odchovné systémy RAS, kdy v 1. byl realizován pokus při teplotě 20 °C a v 2. pokus při teplotě 23 °C, dále podrobněji popsáno v kapitole 3.2. V prvním systému byly v devíti nádržích o objemu 1,5 m<sup>3</sup> odchovávány experimentální ryby candáta při hodnotách nasycení kyslíkem 50 – 80 % (experimentální skupina **O-**). Použity byly 3 nádrže označené jako **N1**, **N2** a **N3**. V dalších třech nádržích bylo nasycení kyslíkem 80 – 110 % (experimentální skupina **O**) s označením **N4**, **N6** a **N7**. Poslední tři nádrže s označením **N8**, **N9** a **N10** byly nasyceny kyslíkem o hodnotě 110 – 150 % (experimentální skupina **O+**). V druhém totožném zařízení RAS byly nasazeny stejným způsobem experimentální skupiny ryb se stejným paralelním označením i nasycením kyslíku. Rozdíl byl v odchovné teplotě 23 °C. Na začátku experimentu bylo do každé nádrže nasazeno 1300 ks candáta obecného (TL = 142,6 – 143,5 mm a W = 22,8 – 23,2 g).

Cílem experimentu bylo vyhodnotit a porovnat mezi sebou tři zvolené režimy nasycení kyslíkem pro candáta obecného a vliv na přežití odchovávaných ryb: specifická rychlost růstu (SGR), koeficient konverze krmiva (FCR), Fultonův koeficient (FK). Fyziologický stav ryb, biochemický profil krve ryb a oxidativní stres byly hodnoceny na začátku, uprostřed a konci celého experimentu. Nepředpokládalo se, že stanovená hodnota nasycení vody kyslíkem bude mít zvláštní vliv na tyto parametry, které jsou především ovlivněny věkem a výživou ryb či například chronickým vlivem ozonizace. Veškeré výsledky tohoto experimentu jsou v této práci prezentovány jako průměrné hodnoty.

### **3.4. Průběh vlastního experimentu**

Vlastní experiment sledující vliv, efektivitu odchovu a stav odchovávaných ryb candáta obecného byl rozdělen na celkem 4 dílčí období po 35 ± 3 dnech. Na konci každého dílčího období byly sledovány následující parametry: hmotnost, délka těla, celková délka a zdravotní stav ryb. Daný experiment byl současně také rozdělen na 2 dílčí periody. První perioda do 80. dne, druhá do 160. dne. V průběhu experimentu byly realizovány následující chovatelské úkony: Denně byla

v jednotlivých odchovných nádržích čtyřikrát (7:00, 10:00, 15:00 a 18:00) měřena koncentrace rozpuštěného kyslíku O<sub>2</sub> z důvodu udržení a kontroly hypoxie 50 – 80% nasycením kyslíkem, normoxie 80 – 110% nasycením kyslíkem a hyperoxie 110 – 150% nasycením kyslíkem, dále pak také kontrolována teplota, která byla v každém systému RAS rozdílná. V 1. byla teplota udržována v hodnotě 20 °C a v 2. teplota 23 °C.

Světelné podmínky se udržovaly pro oba systémy stejné. Světelný režim byl zvolen po dobu dvanácti hodin od 7:00 do 19:00. Tma se udržovala po dobu 12 hodin s intenzitou světla 75 luxů dopadající na hladinu odchovných nádrží.

Krmný den byl od 7:00 do 19:00 každého dne, tj. v průběhu celého světelného dne. Denní krmná dávka byla stanovena na hodnotu 2 % z celkové biomasy nacházející se v nádrži. Krmení ryb bylo realizováno krmítky na principu pásového posunu se zásobníkem na 5 kilogramů krmení. Hmotnost spotřebovaného krmiva byla evidována k pozdější kalkulaci koeficientu konverze krmiva viz kapitola 3.4.1. Po dobu experimentu bylo experimentálním rybám předkládáno krmivo vyrobené firmou Biomar a.s. (Brande, Dánsko; viz Tab. 1). Krmivo s označením Inicio 917, 1,5 mm bylo předkládáno v průběhu první fáze experimentu do 75. dne. Následně až do konce experimentu bylo předkládáno krmivo Incio 7002,2 mm.

Tabulka 2: Krmiva od firmy Biomar bv (Brande, Dánsko), která byla použita během odchovu. Výživové hodnoty deklarované výrobcem.

	<b>Inicio 917</b>	<b>Inicio 702</b>
<b>granulace</b>	1,5 mm	2 mm
<b>N-látky (%)</b>	47	41
<b>tuk (%)</b>	20	22
<b>vláknina (%)</b>	1,2	4,4
<b>popeloviny (%)</b>	7,3	6,4
<b>energie hrubá (MJ)</b>	22	22,5
<b>energie stravitelná (MJ)</b>	19,6	18,4
<b>vit. A (IU/kg)</b>	7600	4800
<b>fosfor (%)</b>	1,06	0,9
<b>vápník (%)</b>	1	0,74

#### **3.4.1. Měření kyslíku O<sub>2</sub>**

Bylo měřeno pomocí oximetru 3205 od firmy WTW s.r.o. (Česká republika) čtyřikrát denně. Podrobně popsáno v kapitole 3.4.

#### **3.4.2. Další chovatelské úkony**

Veškeré chovatelské úkony týkající se čištění, odkalování či jiné potřebné úkony spojené s experimentem byly vždy prováděny stejně jako je popsáno v kapitole 3.1 a 3.2.

### **3.5. Hodnocené parametry**

V průběhu experimentu byly stanoveny a hodnoceny následující produkční ukazatele na základě biometrických údajů, spotřeby krmiva a počtu přežívajících ryb.

#### **3.5.1. Koeficient konverze krmiva**

$(FCR \text{ v } g \cdot g^{-1}) = CKD / (KB - PB)$  CKD je celková krmná dávka za jednotlivé období (g) a demonstruje množství předloženého krmiva. KB je konečná celková

biomasa ryb v nádrži (g). PB vyjadřuje počáteční biomasu ryb v nádrži (g). Hodnota CKD v návaznosti na vypočítání FCR zahrnovala i množství krmiva, které nebylo rybami využito na 100 %, jelikož v poloprovozních podmínkách nebylo možné zjistit a oddělit procentuální množství nevyužitého krmiva, tak s ním bylo kalkulováno jako hodnotou FCR. Dalšími zjišťovanými parametry byly ukazatele přežití ryb a specifické rychlosti růstu vypočítané podle vzorců uvedených a publikovaných podle Policara a kol., (2011; 2013).

### **3.5.2. Přežití ryb**

**(P v %)** =  $(PPR/PNR) \times 100$  – kde PNR je počet nasazených ryb (ks) a PPR je počet přeživších ryb (ks).

### **3.5.3. Specifická rychlost růstu**

**(SGR v %·d<sup>-1</sup>)** =  $\ln(W_k) - \ln(W_p)/t \times 100$  – kde  $W_p$  je průměrná hmotnost nasazovaných ryb,  $W_k$  je konečná průměrná hmotnost slovených ryb na konci období a  $t$  je počet dní v daném období.

### **3.5.4. Fultonův koeficient**

**FC** =  $(W/TL^3) \times 100$  – kde  $W$  vyjadřuje průměrnou kusovou hmotnost a  $TL$  je celkovou délku těla odchovávaných ryb.

Aby bylo možné určit uvedené produkční ukazatele, bylo nutné zjistit počáteční ( $W_1$ ) na začátku odchovného období a ( $W_2$ ) na konci odchovného období stejně tak průměrnou hmotnost a celkovou délku ( $TL_1$  a  $TL_2$ ) nasazených a odchovaných ryb. Dále pak z každé nádrže v rámci produkce experimentálních ryb byl odebrán, změřen a zvážen kontrolní vzorek patnácti ryb. Z měření a vážení ryb byla zjištěna průměrná hodnota celkové délky a hmotnosti odchovávaných ryb v jednotlivých skupinách (candát O+, candát O a candát O-). K anestezii ryb byl použit hřebíčkový olej.

### 3.5.5. Měření a vážení experimentálních ryb

Před samotným měřením a vážením ryb bylo vždy použito anestetikum z důvodu co nejšetrnějšího zacházení s rybami a eliminace případného poškození jedinců. Byl použit hřebíčkový olej v dávce 0,33 ml na 10 litrů vody. Ke kontrolnímu měření bylo použito standardních měřidel využívaných k biometrickým měřením ryb. Měření probíhalo s přesností na 1 mm. Ke kontrolnímu vážení bylo použito digitálních vah Mettler AE 200 dodané firmou Mettler Toledo s.r.o. s přesností měření hmotnosti na 0,01 g. Během přelovení ryb nebylo aplikováno žádné krmivo, na začátku a na konci každého kontrolního období byly kontrolovány biometrické ukazatele u 30 kusů experimentálních ryb pro každou nádrž. Dále pak bylo měřeno:

- celková délka těla TL
- standardní délka těla SL
- hmotnost W

### 3.5.6. Stanovení HSI, VSI, SSI

Na konci experimentu bylo u usmrčených experimentálních vzorků ryb (O+, O a O-) byl stanoven procentní hmotnostní podíl jater (HSI = Hepato Somatic Index), tělního tuku (VSI = Viscero Somatic Index) a sleziny (SSI = Spleen Somatic Index). Cílem stanovení těchto parametrů bylo zhodnotit zejména fyziologický a kondiční stav odchovávaných experimentálních ryb candáta v závislosti na použití rozdílného procentuálního nasycení vody kyslíkem. Bylo vybráno a usmrceno celkem 6 ryb od každé skupiny, nejprve došlo ke zvážení hmotnosti každého jedince, následně k vypreparování a zvážení jednotlivých orgánů. U orgánů se hodnotily dané indexy (jater, tělního tuku a sleziny). Veškeré vážení proběhlo s přesností na 0,0001 g pomocí váhy KERN-ABT 220-SDM (od Německé firmy KERN & SOHN GmbH). Jednotlivé hodnocené parametry byly vypočítány podle vzorců uvedených Policarem a kol., (2017):

$$\text{HSI} = (\text{hmotnost jater} / \text{hmotnost těla}) \times 100$$

$$\text{VSI} = (\text{hmotnost tělního tuku v dutině břišní} / \text{hmotnost těla}) \times 100.$$

$$\text{SSI} = (\text{hmotnost sleziny} / \text{hmotnost těla}) \times 100$$

Statisticky se parametry hodnotily mezi experimentálními skupinami.

### 3.5.7. Stanovení biochemických hematologických a stresových indikátorů

Před každým odběrem vzorků byla ryba rychle a bezprostředně usmrcena, poté byla zvážena a změřena jak již bylo popsáno v kapitole 3.5.5. Další vyšetření byla následně provedena a vyhodnocena podle metodik uvedených v této práci.



Obrázek 3: Odebírané vzorky, které jsou systematicky seřazeny a uchovávány na ledu, kvůli zamezení degradaci (foto autor).

### 3.5.8. Odběr krve

Byl proveden metodou odběru z podpátežních cév pomocí plastových injekčních jehel propláchnutých heparinem, jelikož při kontaktu se sklem vede ke zkrácení tzv. koagulace krve, celý postup byl proveden podle metodiky Kolářová a Velíšek, (2012).



Obrázek 4: Odběr krve z podpátežních cév, do plastových injekčních stříkaček propláchnutých heparinem (foto autor).

### 3.5.9. Stanovení hematokrytu (PCV)

Hematologické ukazatele je možné použít jako markery stanovení zdravotního stavu ryb, jelikož stanovení hematologických parametrů ryb dává představu o jejich celkovém fyziologickém stavu a je tak dobrým nástrojem pro porovnání působení enviromentálních faktorů působících na rybu samotnou. Zejména díky jednoduchosti a přesnosti, se stanovení hematokrytu stalo jedním ze základních hematologických vyšetření jak uvádí Pravda a Svobodová, (2003).

- **Hemoglobin (Hb)** – ke stanovení byla použita fotometrická kyano-hemoglobinová metoda stanovení podle Svobodová a kol., (2012).
- **MCV** – (*mean corpuscular volume*) střední objem erytrocytu.
- **MCH** – (*mean corpuscular hemoglobin*) Hemoglobin erytrocytu.



- **MCHC** – (*mean corpuscular hemoglobin concentration*) střední barevná koncentrace.

Veškeré tyto parametry lze vypočíst podle vzorců, které uvádí Svobodová a kol., (2012).

#### **Leukocyty (WBC)** – bílé krvinky

Stanovení se provádělo v heparizované rozředěné krvi pomocí Natt-Herrickovým roztokem. Bylo tak učiněno v poměru 1: 200 podle Svobodová a kol., (2012) metodou počítací.

#### **Erytrocyty (RBC)**-červené krvinky

Stanovení se provádělo metodou počítací podle Svobodová a kol., (2012.) I když bylo možné použít metodu podle Pawinského, nepoužila se z důvodu rizika zkreslení vypočítávaných dalších hodnot.

Hned po odběru byla odebraná krev odstředěna po dobu 10 min. Při otáčkách 4000 ot/min, následně byla odsáta krevní plazma a uložena při teplotě -80 °C. Veškeré analýzy byly provedena na biochemickém analyzátoru VETTEST 8008 s cílem ohodnotit míru stresu a všech parametrů charakterizující postižení jater.

- ALB – Albumin
- GLOB – Globulin
- ALP – Alkalická fosfatáza
- ALT – Alanin aminotransferáza
- AST – Aspartát aminotransferáza
- Ca – Vápník
- TP – Celkové bílkoviny
- NH<sub>3</sub> – Amoniak
- LDH – Laktát dehydrogenáza
- LACT – Laktát
- PHOS – Anorganický fosfor
- GLU – Glukóza
- Mg – Magnesium, hořčík
- TRIP – Tripsin
- CK – Kreatin kynáza

### 3.5.10. Stresové parametry

Stanovení úrovně oxidativního stresu a všech potřebných parametrů bylo pro účelné porovnání stanoveno 1. den při zahájení experimentu, poté po 35 dnech od počátku a na konci celého experimentu. Tento postup byl použit u obou recirkulačních systémů RAS. Snahou bylo zejména zjistit vliv hypoxie, normoxie a hyperoxie na experimentální obsádky, na výskyt biomarkeru oxidativního stresu, antioxidantních biomarkerů v mozkové, jaterní, svalové a žaberní tkáni.

Po usmrcení vzorků ryb byla odebrána požadovaná tkáň. Poté byly vzorky uskladněny při -80 °C do doby, než proběhly potřebné analýzy.

Před samotným provedením analýz byly vzorky řádně homogenizovány a zváženy formou (1:10 w/v) pomocí homogenizátoru Ultra Turrax, (Ika, Německo) při použití 50 mM fosfátového pufru (obsahující 0,5 mM EDTA a pH 7). Poté byly provedeny další následné analýzy.

- **TBARS** test: (látky reaktivní s kyselinou thiobarbiturovou) podle metody Lushchak a kol., (2005).
- **CAT** – aktivita katalázy podle metody Beers a Sizer, (1952).
- **SOD** – celková aktivita superoxidní dismutázy stanovena spektrofotometricky podle metody Marklund a Marklund, (1974).
- **GR, ES** – Aktivita glutathion reduktázy stanovena spektrometricky podle metody Carlberg a Mannervik, (1975).
- **GSH** – množství redukovaného glutathionu podle metody Ferrari a kol., (2007).
- **GST** – Enzymatická aktivita glutathion-S-transferázy spektrofotometricky podle metody Habig a kol., (1974).

V rozmezí mezi 100. a 110. dnem, byla zaznamenána vysoká mortalita u experimentální skupiny ryb chovaných v hypoxickém prostředí O<sub>2</sub> = 72,23 % v RAS o teplotě vod 23°C. Kvůli znemožnění udržení denzity ryb na 1l. ve třech opakováních, proto byl experiment ukončen 80. den (polovina experimentu) a vyhodnocen.

### **3.6. Statistické hodnocení**

Statistické hodnocení dat bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel a Statistica 12 (StatSoft Inc., USA). Naměřené hodnoty W, TL, SL, rychlost růstu (SGR), Fultonův koeficient (FC), Stanovení HSI, SSI a VSI koeficientu byla použita analýza rozptylu (ANOVA, Tukey HSD Test). Pro výpočet celkového přežití byla použita arcsinová transformace. V porovnání konverze krmiva byl použit Kruskal – Wallisův test. Stanovení biochemického profilu, hematologické vyšetření a oxidativního stresu byla porovnána (Dvoucestná ANOVA s opakováním). Veškeré testy byly prováděny na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , veškeré výsledky jsou uvedeny jako průměr  $\pm$  směrodatná odchylka.

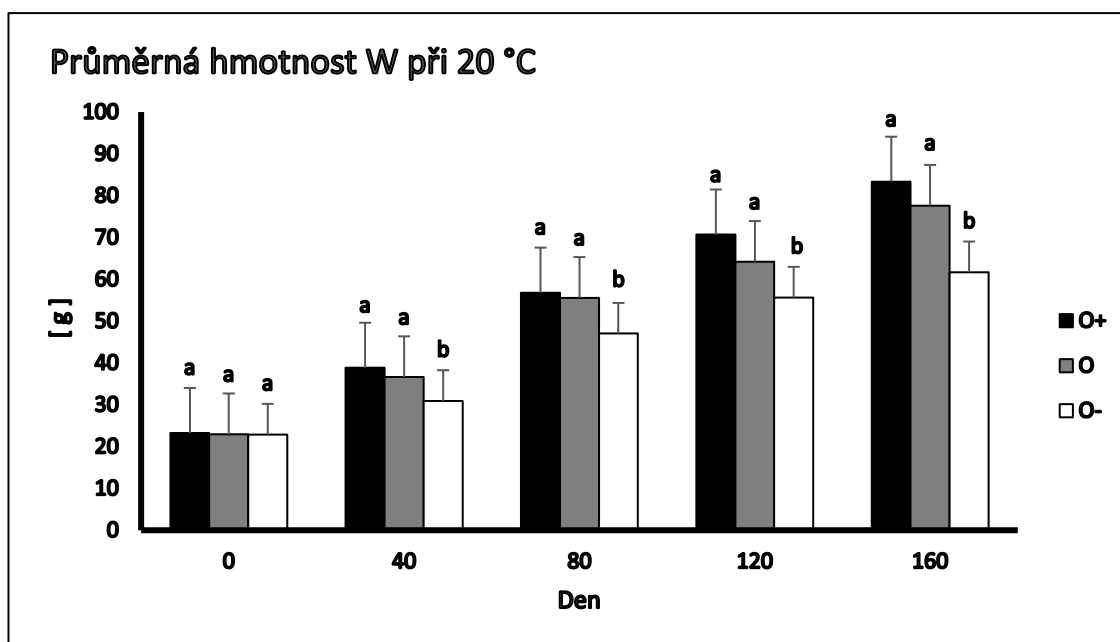
## 4. Výsledky

### 4.1. Průběh průměrné kusové hmotnosti v hyperoxii, normoxii a hypoxii v teplotách 20 °C a 23 °C.

V průběhu celého experimentu byla prováděna biometrická měření 5 krát v RAS o teplotě vody 20°C, přibližně po 32+- 3 dnech. Vyplývá z nich následující graf, který nám znázorňuje průměrné váhové přírůstky v systémech o teplotě vody 20°C za celé měřené období, které trvalo 160 dní. a 23 °C za období 80 dní.

#### 4.1.1. RAS s teplotou vody 20 °C

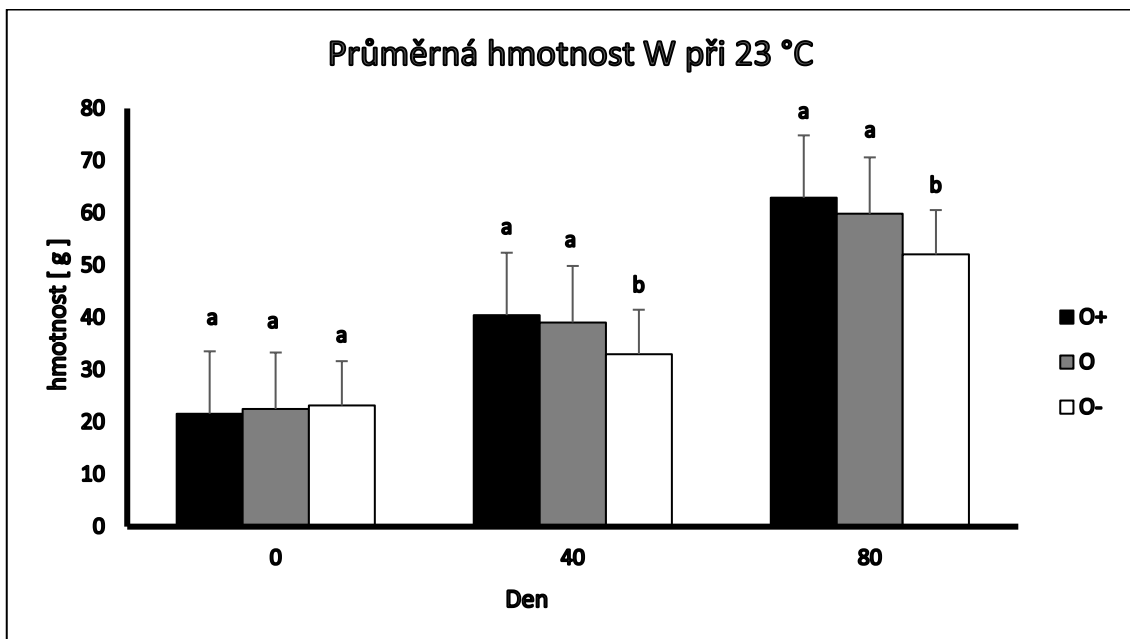
Z grafu č.1 je patrné, že skupina označena jako O- (skupina s nasycením kyslíku 80 % hypoxie) vykazuje statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ). Oproti skupinám O+ (skupina s nasycením kyslíku 150 %) a O (skupina s nasycením kyslíku 100 %), které mezi sebou naopak nevykázaly žádný statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ). Průměrná hmotnost skupiny O+ se 110 – 150% nasycením bylo na konci experimentu  $W = 83,34 \pm 34,9$  gramů, skupina O se 80 – 110% nasycením na konci experimentu  $W = 77,62 \pm 30,13$  gramů a O- s 50 – 80% nasycením a výslednou hmotností  $W = 61,70 \pm 23,80$  gramů.



Graf 1: Průběh kusové průměrné hmotnosti těla W (v gramech) u candáta obecného v RAS o teplotě vody 20 °C při O+ (hyperoxii), O (normoxii), O- (hypoxii). Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ) RAS s teplotou vody 23 °C.

#### 4.1.2. RAS s teplotou vody 23 °C

Stejný princip hodnocení byl použit i pro skupiny z RAS o teplotě 23 °C, jak je patrné z grafu č. 2. Graf obsahuje hodnoty pouze do 80. dne experimentu. Z důvodu vysoké mortality u skupiny hypoxie byl experiment při této teplotě zastaven a dále v práci hodnocen pouze do první poloviny experimentu (80. dne). Skupina označena jako O- (skupina s nasycením kyslíku 50 – 80 % hypoxie) vykazuje statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ). Oproti skupinám O+ (skupina s nasycením kyslíku 110 – 150 %) a O (skupina s nasycením kyslíku 80 – 110 %), které mezi sebou naopak nevykázaly žádný statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ). Průměrná hmotnost skupiny O- se 110 – 150% nasycením bylo na konci experimentu  $W = 62,91 \pm 20,45$  gramů, skupina O s 80-100% nasycením na konci experimentu  $W = 59,18 \pm 18,81$  gramů a O- s 50 – 80% nasycením a výslednou hmotností  $W = 52,07 \pm 15,38$  gramů.



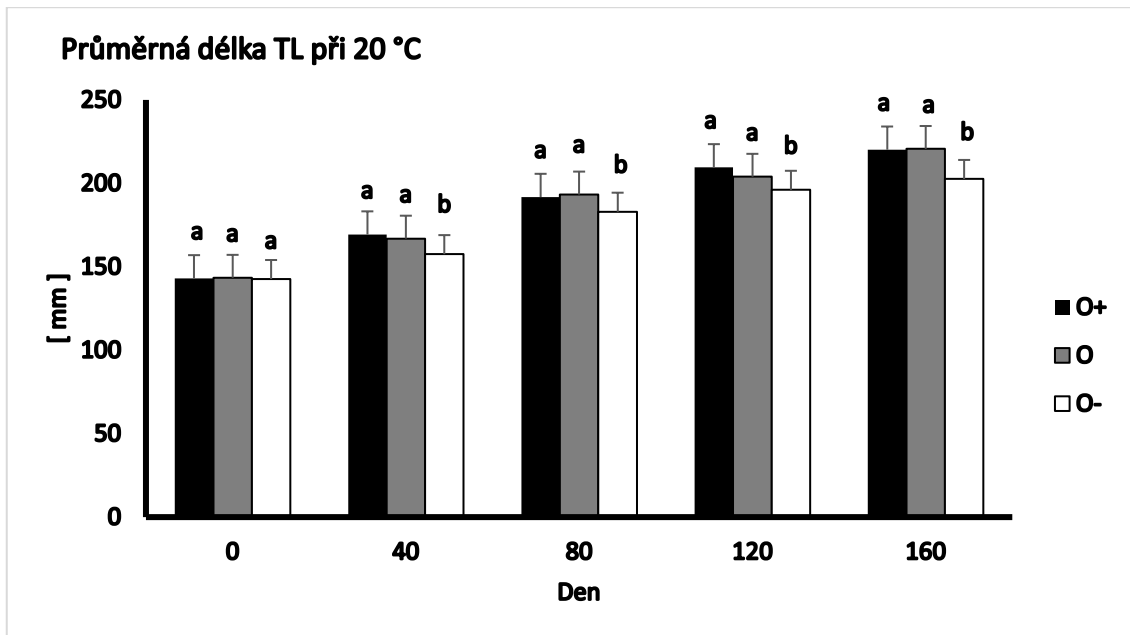
Graf 2: Průběh kusové průměrné hmotnosti těla W (v gramech) u candáta obecného v RAS o teplotě vody 23 °C při O+ (hyperoxii), O (normoxii), O- (hypoxii). Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2. Porovnání průměrné celkové délky těla TL

##### 4.2.1. RAS s teplotou vody 20 °C

Graf 3 znázorňuje průběh průměrné celkové délky u odchovávaných ryb candáta obecného v průběhu celého 160. denního experimentu. U jednotlivých hodnot celkové délky odchovávaných candátů také nebyly zaznamenány žádné

statisticky významné rozdíly mezi hodnotami kyslík O+ a kyslík O. Statisticky významné rozdíly se objevily až v porovnání se skupinou kyslík O-, kde byl statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ). Tento rozdíl se však neprojevil při vzorkování 80. den. Tento jev byl s velkou pravděpodobností chybným způsobem vzorkování. Na konci experimentu se celková délka odchovaných candátů z RAS s odlišnou oxygenací vody pohybovala na úrovni skupin O+ TL = 220,15 ± 36,46 mm, O standard TL = 220,67 ± 24,6 mm a O- TL = 202,61 ± 22,62 mm.

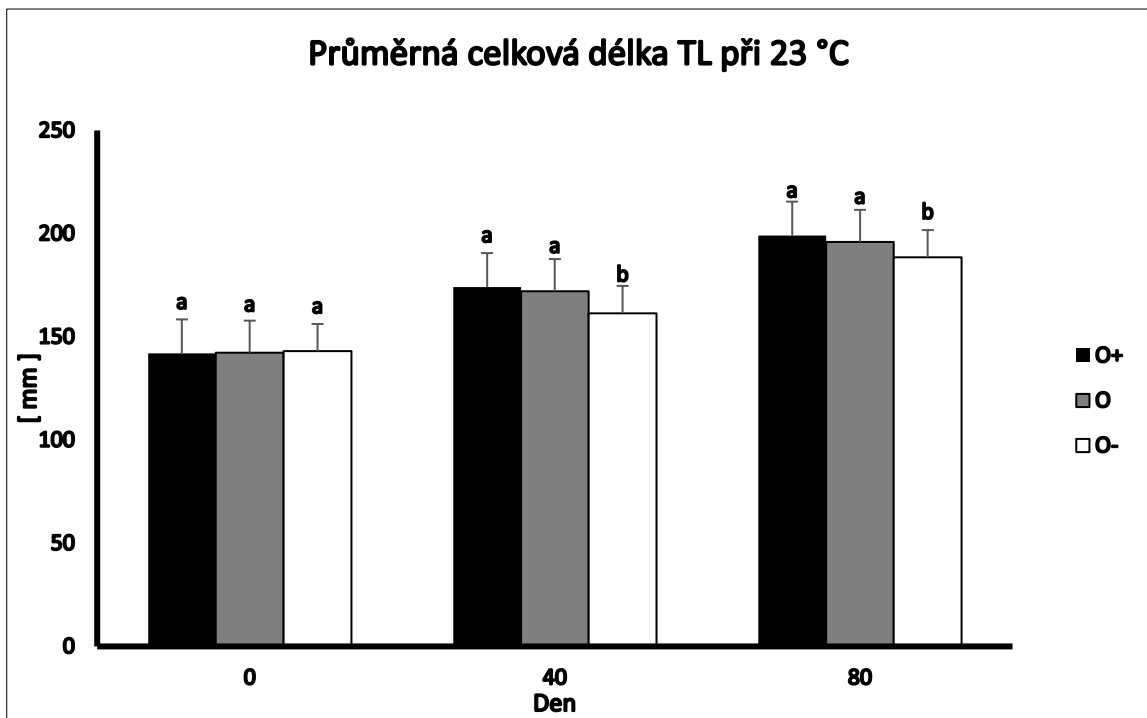


Graf 3: Průběh kusové průměrné celkové délky těla (TL v milimetrech) u candáta obecného při teplotě vody 20 °C. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.2.2. RAS s teplotou vody 23 °C

Graf 4. znázorňuje průběh průměrné celkové délky u odchovávaných ryb candáta obecného v průběhu celého 160. denního experimentu. U jednotlivých hodnot celkové délky odchovávaných candátů také nebyly zaznamenány žádné statisticky významné rozdíly mezi hodnotami kyslík O+ a kyslík O. Statisticky významné rozdíly se objevily až v porovnání se skupinou kyslík O-, kde byl statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ) už od 40. dne experimentu. Jak už bylo popsáno v kapitole 4.1.2 experiment byl pro vysokou úmrtnost přerušen 80. den, jak také vyplývá ze znázorněného grafu č. 2. Na konci experimentu se celková délka odchovaných candátů z RAS s odlišnou oxygenací vody pohybovala na úrovni skupin O+ TL = 199,1 ± 21,85 mm, O standard TL = 196,00 ± 19,60 mm

a O- TL = 188,52 ± 22,62 mm.

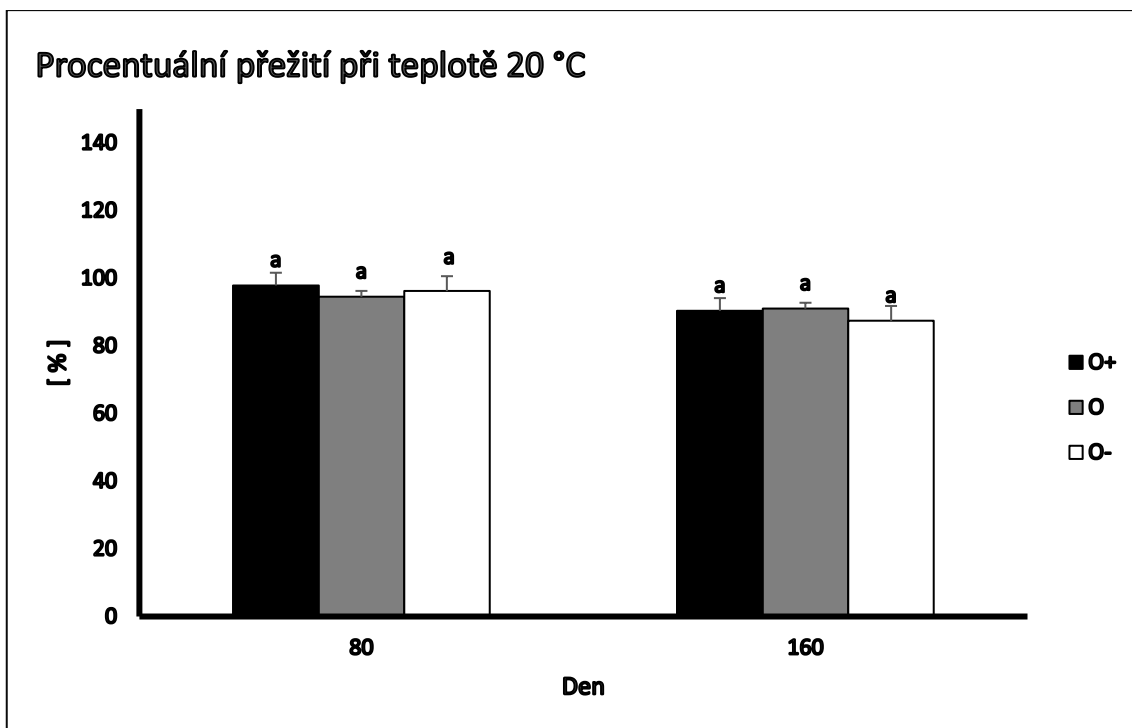


Graf 4: Průběh kusové průměrné celkové délky těla (TL v milimetrech) u candáta obecného při teplotě vody 23 °C. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

### 4.3. Přežití

#### 4.3.1. Přežití při 20 °C

Po 80 dnech bylo u experimentálních ryb z RAS o teplotě 20 °C kontrolováno celkové přežití ryb, po statistickém porovnání, nebyla prokázána statisticky významná rozdílnost ( $p \leq 0,05$ ). Poté bylo přežití kontrolováno na konci experimentu a to 160. den experimentu, dané výsledky taktéž nebyly statisticky průkazně odlišné. Ve skupině ryb označené jako O+ bylo lehce vyšší přežití 75. den 97,89 % než skupina O- 96,20 %. Největší mortalitu 80. den měla skupina s označením O kdy přežití bylo 94,5 %. Na konci experimentu byla nejvyšší mortalita u skupiny ryb O- s hodnotou přežitých ryb 87,40 %, oproti skupinám O+ 90,37 % a O 91,00 % kde byl rozdíl necelého 1 %.

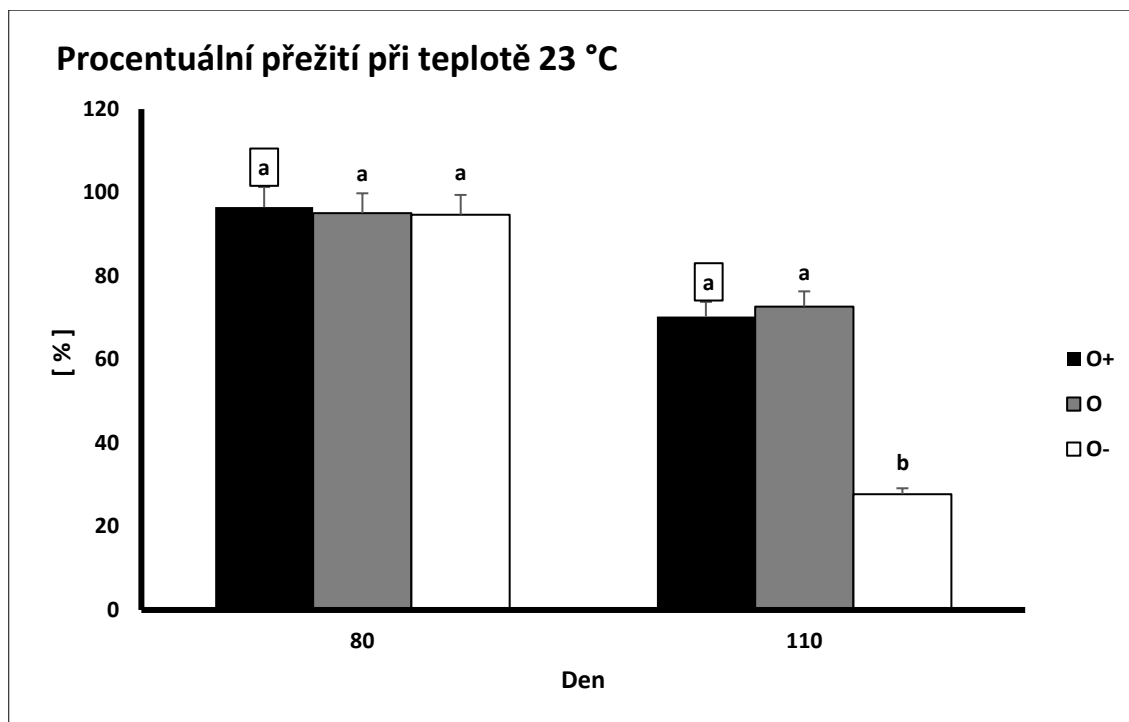


Graf 5: Kumulativní přežití juvenilních candátů označené % v polovině a na konci experimentu. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.3.2. Přežití při 23 °C

V RAS o teplotě vody 23 °C byla kontrola přežití provedena 80. den, jak je vidět z grafu 6. Výsledek tohoto měření nevykazoval statisticky významně rozdílné hodnoty ( $p \leq 0,05$ ). Přežití 80. den experimentu u skupiny O+ 96,50 %, u skupiny O 95,07 % a u skupiny O- 94,70 %, kde byla mortalita nejvyšší. Statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ) se projevil až po hromadném úhynu okolo 110. dnu experimentu u skupiny s označením O-, kde celkové přežití kleslo na hodnotu 27,77 % z 94,70 %, zbylé dvě skupiny O+ a O mezi sebou neměly statisticky významný rozdíl, ale celkové přežití kleslo O+ na 70,30 % a O na 72,70 %. Z tohoto důvodu byl experiment 80. den přerušen.





Graf 6: Kumulativní přežití juvenilních candátů označené % v 80. a 110. den experimentu, ten byl 80. den přerušen z důvodu vysoké mortality experimentálních ryb v hypoxii. Hodnoty byly mezi sebou statisticky rozdílné ( $p \leq 0,05$ ) až 80. den, a to pouze u skupiny O-. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4.4. Specifická rychlost růstu SGR

##### 4.4.1. SGR při 20 °C

Specifická rychlost růstu u candátů, jak znázorňuje tabulka č. 1, byla 75. den obecně nižší, zejména pak u experimentální skupiny O-, kdy hodnota SGR byla 0,94. Tato hodnota znázorňuje nízký příjem krmiva experimentálních ryb, u této skupiny byl také prokázán statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ), oproti skupinám O+ a O. Na konci experimentu tj. 160. den se hodnota SGR zvýšila a u skupiny O+ a O byla na standardní hodnotě vůči velikosti a stáří experimentálních ryb. Dá se konstatovat, že tyto ryby dobře prosperovaly. Experimentální skupina O- měla opět statisticky významně odlišný výsledek proti skupinám O+ a O- na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ). Tento výsledek svědčí o zhoršeném příjmu krmiva vlivem nižší oxygenace prostředí.

Tabulka 3: Souhrnné výsledky SGR v polovině a na konci odchovu candáta. Hodnoty označené odlišným indexem jsou statisticky rozdílné ( $p \leq 0,05$ ) při porovnání parametru.

<b>20 °C</b>	<b>SGR (%·d<sup>-1</sup>)</b>	
<b>Experimentální skupina</b>	<b>80. den</b>	<b>160. den</b>
<b>O<sub>2</sub> +</b>	1,16 <sup>a</sup>	1,66 <sup>a</sup>
<b>O<sub>2</sub></b>	1,14 <sup>a</sup>	1,59 <sup>a</sup>
<b>O<sub>2</sub> -</b>	0,94 <sup>b</sup>	1,29 <sup>b</sup>

#### 4.4.2. SGR při 23 °C

U experimentálních skupin O+, O a O- v RAS o teplotě vody 23 °C, nemáme komplexní hodnocení za celých 160 experimentálních dnů, jelikož byl experiment přerušen 80. den z důvodu vysoké mortality a to zejména u skupiny O-, kdy přežití bylo pouhých 27,77 %. Z výsledků publikovaných v tabulce č.3 vyplývá nejhorší výsledek SGR u experimentální skupiny O- = 1,05, který byl statisticky významně odlišný ( $p \leq 0,05$ ) už po pouhých 75. dnech trvání experimentu. Dá se tedy konstatovat stejný výsledek jako v kapitole 4.4.1.

Tabulka 4: Souhrnné výsledky SGR 75. den odchovu candáta. Hodnoty označené odlišným indexem jsou statisticky rozdílné ( $p \leq 0,05$ ) při porovnání parametru.

<b>23 °C</b>	<b>SGR (%·d<sup>-1</sup>)</b>	
<b>Experimentální skupina</b>	<b>80. den</b>	<b>160. den</b>
<b>O +</b>	1,33 <sup>a</sup>	0,00
<b>O</b>	1,27 <sup>a</sup>	0,00
<b>O -</b>	1,05 <sup>b</sup>	0,00

#### 4.5. Konverze živin FCR

##### 4.5.1. FCR 20 °C

Z tabulky č. 2 vyplývá téměř totožná konverze živin z krmiva FCR u experimentálních skupin ryb O+ a O s hodnotami koeficientu FCR =  $1,04 \pm 0,04$  a  $1,04 \pm 0,06$ . U experimentální skupiny O- byla konverze krmiva nejhorší. Výchozí hodnota označená odlišným indexem byla vyhodnocena jako statisticky významná na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ).

Tabulka 5: znázorňující hodnoty koeficientu FCR 20 °C. Hodnoty označené odlišným indexem jsou statisticky rozdílné ( $p \leq 0,05$ ).

20 °C			
nasycení kyslíkem	O+	O	O-
Koeficient krmiva FCR	$(1,04 \pm 0,04)^a$	$(1,04 \pm 0,06)^a$	$(1,11 \pm 0,03)^b$

##### 4.5.2. FCR 23 °C

Při teplotě 23 °C měla nejlepší konverzi krmiva experimentální skupina O s koeficientem FCR =  $0,97 \pm 0,05$ . Nejhorší koeficient FCR =  $1,04 \pm 0,05$  měla experimentální skupina O-, jak vyplývá z tabulky č. 3. Hodnoty byly statisticky porovnány na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ), při kterém nebyly statisticky určeny rozdíly mezi výslednými hodnotami. Statisticky významné hodnoty jsou označeny odlišným indexem.

Tabulka 6: znázorňující hodnoty koeficientu FCR 23 °C. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

23 °C			
nasycení kyslíkem	O <sub>2</sub> +	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> -
Koeficient krmiva FCR	$(0,98 \pm 0,03)^a$	$(0,97 \pm 0,05)^a$	$(1,04 \pm 0,05)^a$

#### 4.6. FC Fultonův koeficient

##### 4.6.1. FC 20 °C

Průměrná hodnota Fultonova koeficientu se u odchovávaného candáta obecného pohybovala na konci odchovu na úrovni  $FC = 0,76 - 0,79$ . Tato hodnota vyjadřovala dobrý kondiční stav experimentálních ryb. Fultonův koeficient (FK) v rámci daného druhu nebyl prokazatelně statisticky odlišný u jednotlivých experimentálních skupin ryb. Z výsledků je však patrné, že experimentální skupina O+ má mírně vyšší Fultonův koeficient, tudíž lepší kondici oproti skupinám O a O-.

Tabulka 7: Souhrnné výsledky FC na konci odchovu candáta RAS se třemi různými nasyceními kyslíku. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

Experimentální skupina	FC
O+	$0,79 \pm 0,01^a$
O	$0,76 \pm 0,02^a$
O-	$0,77 \pm 0,02^a$

#### 4.6.2. FC 23 °C

Průměrné hodnoty pro určení Fultonova koeficientu byly z měřeného období 29.10.2018 – 8.1.2019 jelikož experiment byl přerušen kvůli vysoké mortalitě, průměrný Fultonův koeficient se pohyboval v rozmezí FK = 0,77 – 0,78, přičemž tato hodnota vyjadřovala dobrý kondiční stav experimentálních ryb z běžného vizuálního chovatelského hlediska. Fultonův koeficient (FK) v rámci daného druhu nebyl prokazatelně statisticky odlišný u jednotlivých experimentálních skupin ryb. Z tabulky je patrné, že se od sebe téměř nelišily.

Tabulka 8: Souhrnné výsledky FC na konci odchovu candáta RAS s třemi různými nasyceními kyslíku. Hodnoty označené odlišnými indexy vykazují statisticky významný rozdíl ( $p \leq 0,05$ ).

Experimentální skupina	FC
O+	0,77±0,02 <sup>a</sup>
O	0,78±0,02 <sup>a</sup>
O-	0,78±0,02 <sup>a</sup>

#### 4.7. Stanovení HSI, SSI, VSI experimentálních ryb

Výsledky procentních hmotnostních podílů jater (HSI = Hepato Somatic Index) sleziny (SSI = Spleen Somatic Index) a tělního tuku (VSI = Viscero Somatic Index) jsou uvedeny v tabulce č. 9. Z tabulky je patrné, že byly nalezeny větší játra a sleziny u experimentálních ryb chovaných v hyperoxickém a normoxickém prostředí oproti výsledkům z kontrolní řady. Výsledky z množství velikosti sleziny nebyly statisticky rozlišné. Tyto výsledky jsou s největší pravděpodobností spojené s příjmem potravy a celkovým zatížením organismu. Čím více kyslíku je rozpuštěno ve vodě tím více ryby přijímají potravu. Celkově jsou výsledky odpovídající vývojovému stádiu i množství příjmu potravy.

Tabulka 9: Souhrnné výsledky týkající se stanovení a vyhodnocení SSI, HSI a VSI u odchovaných experimentálních ryb na konci experimentu u ryb chovaných v RAS 20 °C po 160 dnech a u ryb chovaných v RAS 23 °C po 80 dnech. Hodnoty označeny indexem jsou statisticky významně rozdílné na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ).

		20 °C			23 °C		
	Začátek experimentu	O+	O	O-	O+	O	O-
HSI	<b>1,44 ± 0,19</b>	2,16 ± 0,3 <sup>a</sup>	1,60 ± 0,27 <sup>a</sup>	1,36 ± 0,19	1,81 ± 0,16 <sup>a</sup>	2,14 ± 0,29 <sup>a</sup>	1,33 ± 0,15
SSI	<b>0,06 ± 0,01</b>	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,02
VSI	<b>2,25 ± 0,31</b>	2,84 ± 0,56 <sup>a</sup>	2,62 ± 0,45 <sup>a</sup>	1,75 ± 0,33	2,68 ± 0,69 <sup>a</sup>	2,54 ± 0,3 <sup>a</sup>	2,02 ± 0,16

#### 4.8. Stanovení biochemického profilu krve experimentálních skupin

V polovině (80. den) a na konci (160. den) experimentu byla provedena příslušná stanovení biochemického profilu krve. Tab. č. 6 ukazuje zaznamenané naměřené průměrné hodnoty z daných vyšetření. Výsledky mezi sebou byly statisticky porovnány s běžně publikovanými hodnotami a počáteční kontrolní řadou vyšetření, které byly provedeny na vzorku ryb před nasazením do RAS. Výsledky nevykázaly statisticky významné rozdíly ( $p \leq 0,05$ ). Přesto jsou z tabulky patrné mírně zvýšené hodnoty alkalické fosfatázy (ALP), alanin aminotransferázy (ALT), laktát dehydrogenázy (LDH) a laktátu (LACT), zejména u experimentálních ryb v RAS s teplotou vody 23 °C. Nejhorší výsledky se objevily u experimentální skupiny O-. Začalo docházet ke snížení některých koagulačních faktorů nebo typických jaterních enzymů jako jsou (ALT, AST, LDH). U skupiny O- 23 °C byl značně zvýšený laktát (LACT). Příčinou hyperlaktémie je tkáňová hypoxie (při vysoké fyzické zátěži organismu), tento výsledek nastává díky vyšší teplotě 23 °C a snížené oxygenaci 50 – 80 %. Z demonstrováných výsledků v tabulce č. 6 je patrné, že biochemický profil krve byl zejména ovlivněn teplotou 23 °C. Testovaná míra oxygenace nemá vliv na změnu biochemického profilu krve, jelikož zbylé hodnoty jsou v normě.

Tabulka 10: Biochemický profil krve odchovaných candátů, porovnány s běžnými biochemickými hodnotami rybničně odchovaných stejných druhů ryb publikované Kolářovou a Velíškem, (2012).

	Běžně publikované hodnoty	20 °C (150 dnů)			23 °C (75 dnů)		
		0+	0	0-	0+	0	0-
ALB (g.l <sup>-1</sup> )	1,0 - 8,0	3,33 ± 0,10	3,50 ± 0	3,42 ± 0,09	3,67 ± 0,94	3,50 ± 1,26	3,83 ± 1,07
GLOB	22 - 24	32,75 ± 0,22	32,92 ± 0	32,67 ± 0,16	32,00 ± 1,53	33,50 ± 1,98	32,17 ± 1,67
ALP (μkat.l <sup>-1</sup> )	0,60 - 1,20	1,22 ± 0,13	1,27 ± 0,03	1,16 ± 0,06	1,60 ± 0,23	1,56 ± 0,30	1,39 ± 0,33
ALT (μkat.l <sup>-1</sup> )	0,08 - 1,43	1,25 ± 0,03	1,24 ± 0,03	1,31 ± 0	1,55 ± 0,14	1,59 ± 0,27	1,74 ± 0,31
AST (μkat.l <sup>-1</sup> )	0,50 - 4,0	2,99 ± 0,07	3,02 ± 0,04	3,01 ± 0,06	3,51 ± 0,41	3,38 ± 0,31	3,32 ± 0,35
Ca (mmol.l <sup>-1</sup> )	2,17 - 3,13	2,62 ± 0,02	2,69 ± 0,04	2,61 ± 0,05	2,67 ± 0,65	2,61 ± 0,41	2,69 ± 0,45
PHOS (mmol.l <sup>-1</sup> )	1,52 - 4,78	3,66 ± 0,16	3,66 ± 0,04	3,69 ± 0,02	3,74 ± 0,15	3,68 ± 0,35	3,54 ± 0,50
TP (g.l <sup>-1</sup> )	23 - 50	36,8 ± 0,66	36,42 ± 0,18	36,8 ± 0,21	35,67 ± 1,70	37,0 ± 1,91	36,00 ± 1,91
GLU (mmol.l <sup>-1</sup> )	5,0 - 10,0	5,05 ± 0,04	4,54 ± 0,06	6,99 ± 0,02	5,21 ± 0,55	4,48 ± 0,57	8,06 ± 1,06
NH3 (μmol.l <sup>-1</sup> )	330 - 960	450,25 ± 4,13	498,25 ± 12,25	580,50 ± 16,49	636,17 ± 55,21	609,33 ± 89,18	795,50 ± 58,32
Mg (mmol.l <sup>-1</sup> )	0,81 - 1,65	1,50 ± 0,09	1,37 ± 0,03	1,49 ± 0,09	1,60 ± 0,36	1,40 ± 0,18	1,37 ± 0,14
TRIG(TAG)(mmol.l <sup>-1</sup> )	1,75 - 4,20	2,28 ± 0,06	2,26 ± 0,04	2,25 ± 0	2,89 ± 0,38	2,80 ± 0,15	2,78 ± 0,34
CK (μkat.l <sup>-1</sup> )	12,01 - 20,0	14,79 ± 0,11	15,09 ± 0,01	13,92 ± 0,01	16,46 ± 0,42	15,09 ± 0,72	17,44 ± 0,63
LDH (μkat.l <sup>-1</sup> )	16 - 25	22,42 ± 0,30	22,33 ± 0,03	22,92 ± 0,01	25,91 ± 0,65	26,10 ± 0,71	25,64 ± 0,90
LACT (mmol.l <sup>-1</sup> )	1,90-5,90	4,69 ± 0,11	4,19 ± 0,12	5,68 ± 0,43	4,95 ± 0,19	4,80 ± 0,56	6,60 ± 0,67
CREA (μmol.l <sup>-1</sup> )	nepublikováno	4,61 ± 0,16	4,59 ± 0,13	4,67 ± 0,05	4,71 ± 0,51	4,70 ± 0,37	4,77 ± 0,52

#### 4.9. Hematologické vyšetření

V průběhu experimentu bylo provedeno hematologické vyšetření na začátku experimentu, v polovině (80. den) a na konci (160. den). Toto vyšetření bylo prováděno z hlediska posouzení celkového zdravotního stavu experimentálních ryb a prokázání tak vlivu oxygenace, jako je například zvýšení hodnoty hemoglobinu a erytrocytů kdy se zvýšené hodnoty objevují zejména při hypoxii. Tento jev se potvrdil u všech experimentálních ryb v RAS při teplotě 20 °C. U RAS při teplotě 23 °C prokázán nebyl, nejspíše díky neúplnosti dat kvůli přerušení experimentu po 80 dnech z důvodu vysoké mortality. Další hematologické parametry byly taktéž porovnány. Z výsledku vyplývá, že kyslík má vliv zejména na příjem potravy a přímo koreluje s teplotou vody. Čím vyšší teplota a nasycení kyslíkem, tím více ryba přijímá potravu a zatěžuje organismus. Z tohoto důvodu jsou i horší jaterní výsledky, které se projevují například v krevním obrazu MCV, kdy výrazněji stoupla střední hodnota erytrocytů u všech skupin (O+ = 164,00 ± 25,83, O = 158,01 ± 20,70, O- = 159,07 ± 22,42 v RAS při teplotě 20 °C a O+ = 213,87 ± 23,25, O = 172,61 ± 16,50 a O- = 176,24 ± 27,42 v ras při teplotě 23 °C).

Tabulka 11: Hematologické vyšetření krve odchovávaných candátů na začátku (označeny jako kontrola) a na konci experimentu.

	20 °C				23 °C		
	kontrola	O+	O	O-	O+	O	O-
Hematocrit (l/l)	0,25 ± 0,05	0,32 ± 0,03	0,33 ± 0,06	0,34 ± 0,04	0,42 ± 0,03	0,40 ± 0,07	0,37 ± 0,03
Hemoglobin (g/l)	45,92 ± 9,39	41,37 ± 8,75	46,52 ± 10,40	48,25 ± 5,40	53,89 ± 5,16	51,74 ± 4,54	44,28 ± 2,62
Erytro (T/l)	2,16 ± 0,42	2,01 ± 0,33	2,11 ± 0,40	2,13 ± 0,27	1,98 ± 0,21	2,32 ± 0,36	2,12 ± 0,34
Leuko (G/l)	8,49 ± 4,62	11,44 ± 2,65	8,66 ± 3,27	6,58 ± 1,49	6,43 ± 1,23	6,62 ± 2,13	10,47 ± 8,54
MCH (pg)	21,49 ± 4,49	21,48 ± 6,34	23,07 ± 4,13	21,86 ± 2,91	27,50 ± 3,28	22,64 ± 2,38	21,33 ± 2,99
MCV (fl)	117,21 ± 16,59	164,00 ± 25,83	158,01 ± 20,70	159,07 ± 22,42	213,87 ± 23,25	172,61 ± 16,50	176,24 ± 27,42
MCHC (g/l)	182,05 ± 17,95	128,99 ± 31,17	146,22 ± 18,09	138,31 ± 11,34	129,25 ± 13,81	132,13 ± 17,44	122,30 ± 14,59
Lymphocytes (%)	97,39 ± 1,33	95,05 ± 2,24	94,73 ± 1,96	95,57 ± 1,37	92,00 ± 4,05	92,00 ± 4,73	93 ± 4,07
Monocytes (%)	2,17 ± 1,08	2,52 ± 2,04	1,69 ± 0,72	1,88 ± 0,86	2,00 ± 0,87	3,42 ± 2,70	1,03 ± 0,96
Neutrophile granulocytes bands (%)	0,06 ± 0,16	0,71 ± 0,47	1,37 ± 0,48	0,73 ± 0,49	2,67 ± 2,11	2,08 ± 2,28	1,05 ± 0,55
Neutrophile granulocytes segments (%)	0,39 ± 0,52	1,73 ± 0,65	2,22 ± 1,81	1,83 ± 0,60	3,33 ± 1,82	2,50 ± ,68	4,72 ± 3,35



#### 4.10. Stanovení oxidativního stresu

##### 4.10.1. Oxidativní stres při 20 °C

Výsledky týkající se oxidativního stresu při teplotě 20 °C jsou demonstrovány v tabulce č. 11. Výsledky byly statisticky porovnány na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ) s výsledky kontrolního testování na začátku experimentu. U odchovávaných experimentálních ryb v prostředí s odlišným nasycením vody kyslíkem byly nejvýraznější rozdíly TBARS (proces lipidní peroxidace kyselinou thiobarbiturovou) v mozku a žábách u všech skupin (O+, O a O-). Dále pak svalstvu, ale pouze u skupiny O-. Poté rozdíl SOD (aktivita superoxidodismutázy) taktéž v mozku, kde byla hodnota u všech experimentálních skupin výrazně zvýšená. SOD u žaber byla zvýšená pouze u experimentální skupiny O-. SOD hraje velmi důležitou roli při ochraně všech aerobních systémů zejména pak při ochraně působení ROS (reaktivní formy kyslíku). Dále byla zvýšena GPx (glutathionperoxidasa) a to u mozku a svalstva, pouze experimentální skupiny O-. Všechny další porovnávané naměřené hodnoty nevykázaly statisticky významný rozdíl. Při celkovém porovnání experimentálních skupin je však patrné, že experimentální skupina ryb s označením O- chovaná v RAS při teplotě vody 20 °C a nasycením vody kyslíkem na úrovni 50 – 80% je více zatížená oxidativním stresem oproti skupinám O+ a O.

Tabulka 12: Úroveň oxidativního stresu a výskyt antioxidantních enzymů při odchovu candáta po dobu 160. dní v RAS při teplotě vody 20 °C. Hodnoty rozlišené rozdílným indexem a označené žlutou barvou pro lepší orientaci, jsou statisticky významně rozlišné na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ).

				Testovaná skupina				
Parametr		Tkáň	Doba expozice (dny)	O+	O	O-		
ROS	% of control	Brain	Začátek experimentu	100,49 ± 2,49	100,49 ± 2,49	100,49 ± 2,49		
			80. den	103,01 ± 3,03	101,15 ± 2,33	103,69 ± 2,73		
			Konec experimentu	102,34 ± 1,27	101,12 ± 0,63	102,66 ± 0,72		
		Gill	Začátek experimentu	100,3 ± 1,63	100,3 ± 1,63	100,3 ± 1,63		
			80. den	100,58 ± 0,39	100,74 ± 1,09	100,78 ± 0,83		
			Konec experimentu	101,72 ± 0,99	100,81 ± 0,60	102,24 ± 1,66		
		Liver	Začátek experimentu	100,63 ± 1,65	100,63 ± 1,65	100,63 ± 1,65		
			80. den	101,84 ± 1,33	102,12 ± 1,32	101,60 ± 2,63		
			Konec experimentu	102,03 ± 0,70	101,08 ± 0,82	102,59 ± 0,76		
					Začátek experimentu	100,50 ± 2,02	100,50 ± 2,02	100,50 ± 2,02

		<b>Muscle</b>	80. den	102,18 ± 2,60	102,04 ± 1,44	102,20 ± 1,39				
			Konec experimentu	101,62 ± 1,09	101,24 ± 1,02	102,46 ± 1,37				
			<b>Intes-tine</b>	Začátek experimentu	100,58 ± 1,69	100,58 ± 1,69	100,58 ± 1,69			
				<b>Intes-tine</b>	80. den	101,81 ± 1,31	101,69 ± 1,72	102,70 ± 1,68		
					Konec experimentu	102,13 ± 1,45	100,91 ± 0,75	103,05 ± 0,53		
					<b>Brain</b>	Začátek experimentu	1,65 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,65 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,65 ± 0,54 <sup>a</sup>	
						<b>Brain</b>	80. den	1,467 ± 0,167	1,264 ± 0,137	1,754 ± 0,320
							Konec experimentu	1,353 ± 0,172 <sup>b</sup>	1,322 ± 0,155 <sup>b</sup>	1,572 ± 0,161 <sup>bb</sup>
							<b>Gill</b>	Začátek experimentu	0,210 ± 0,072 <sup>a</sup>	0,210 ± 0,072 <sup>a</sup>
						<b>Gill</b>	80. den	0,175 ± 0,054	0,165 ± 0,048	0,178 ± 0,059
							Konec experimentu	0,307 ± 0,080 <sup>b</sup>	0,319 ± 0,052 <sup>b</sup>	0,389 ± 0,072 <sup>bb</sup>
							<b>Liver</b>	Začátek experimentu	0,288 ± 0,042	0,288 ± 0,042
						<b>Liver</b>	80. den	0,236 ± 0,022	0,222 ± 0,090	0,229 ± 0,064
							Konec experimentu	0,228 ± 0,092	0,226 ± 0,048	0,241 ± 0,039
							<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	0,289 ± 0,068	0,289 ± 0,068
						<b>Muscle</b>	80. den	0,262 ± 0,048	0,248 ± 0,044	0,280 ± 0,096
							Konec experimentu	0,264 ± 0,048	0,284 ± 0,084	0,381 ± 0,041 <sup>b</sup>
							<b>Intes-tine</b>	Začátek experimentu	0,355 ± 0,103	0,355 ± 0,103
						<b>Intes-tine</b>	80. den	0,218 ± 0,081	0,231 ± 0,053	0,232 ± 0,049
							Konec experimentu	0,226 ± 0,061	0,249 ± 0,067	0,272 ± 0,056
									<b>Brain</b>	Začátek experimentu
		80. den	0,156 ± 0,138 <sup>b</sup>			0,141 ± 0,046 <sup>b</sup>				0,162 ± 0,066 <sup>bb</sup>
		Konec experimentu	0,155 ± 0,023 <sup>b</sup>			0,148 ± 0,080 <sup>b</sup>				0,165 ± 0,034 <sup>bb</sup>
						<b>Brain</b>			Začátek experimentu	0,460 ± 0,129
				80. den	0,363 ± 0,054				0,380 ± 0,093	0,385 ± 0,074
				Konec experimentu	0,307 ± 0,080				0,319 ± 0,052	0,389 ± 0,072
						<b>Gill</b>			Začátek experimentu	0,478 ± 0,148
80. den	0,470 ± 0,087								0,474 ± 0,090	0,461 ± 0,077
Konec experimentu	0,412 ± 0,101								0,361 ± 0,073	0,712 ± 0,077 <sup>b</sup>
						<b>Liver</b>	Začátek experimentu	0,306 ± 0,047	0,306 ± 0,047	0,306 ± 0,047
							80. den	0,254 ± 0,053	0,240 ± 0,019	0,298 ± 0,049
							Konec experimentu	0,245 ± 0,061	0,268 ± 0,057	0,205 ± 0,039
						<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	0,250 ± 0,181	0,250 ± 0,181	0,250 ± 0,181
							80. den	0,196 ± 0,055	0,189 ± 0,078	0,202 ± 0,049
							Konec experimentu	0,199 ± 0,047	0,193 ± 0,045	0,335 ± 0,062
						<b>Intes-tine</b>	Začátek experimentu	0,480 ± 0,139	0,480 ± 0,139	0,480 ± 0,139
							80. den	0,313 ± 0,164	0,320 ± 0,090	0,340 ± 0,054
							Konec experimentu	0,373 ± 0,036	0,322 ± 0,076	0,312 ± 0,064
						<b>Brain</b>	Začátek experimentu	0,172 ± 0,054	0,172 ± 0,054	0,172 ± 0,054
							80. den	0,168 ± 0,065	0,160 ± 0,047	0,164 ± 0,058
							Konec experimentu	0,175 ± 0,062	0,181 ± 0,125	0,163 ± 0,051
						<b>Gill</b>	Začátek experimentu	1,404 ± 0,236	1,404 ± 0,236	1,404 ± 0,236
							80. den	1,404 ± 0,236	1,404 ± 0,236	1,404 ± 0,236
							Konec experimentu	1,404 ± 0,236	1,404 ± 0,236	1,404 ± 0,236

		<b>Liver</b>	80. den	1,226 ± 0,190	1,275 ± 0,176	1,231 ± 0,125		
			Konec experimentu	1,240 ± 0,175	1,246 ± 0,177	1,373 ± 0,049		
			Začátek experimentu	0,118 ± 0,036	0,118 ± 0,036	0,118 ± 0,036		
		<b>Muscle</b>	80. den	0,099 ± 0,025	0,106 ± 0,009	0,096 ± 0,022		
			Konec experimentu	0,096 ± 0,028	0,096 ± 0,011	0,157 ± 0,085		
			Začátek experimentu	0,140 ± 0,088	0,140 ± 0,088	0,140 ± 0,088		
		<b>Intes-tine</b>	80. den	0,156 ± 0,045	0,154 ± 0,053	0,162 ± 0,067		
			Konec experimentu	0,173 ± 0,044	0,183 ± 0,046	0,162 ± 0,045		
			Začátek experimentu	1,118 ± 0,47	1,118 ± 0,47	1,118 ± 0,47 <sup>a</sup>		
<b>GPx</b>	<b>mU/mg protein</b>	<b>Brain</b>	80. den	1,216 ± 0,149	1,277 ± 0,125	1,414 ± 0,336		
			Konec experimentu	1,310 ± 0,065	1,337 ± 0,179	1,664 ± 0,129 <sup>b</sup>		
			Začátek experimentu	3,671 ± 0,426	3,671 ± 0,426	3,671 ± 0,426		
		<b>Gill</b>	80. den	3,625 ± 0,503	3,689 ± 0,436	3,723 ± 0,472		
			Konec experimentu	3,805 ± 1,008	3,843 ± 0,511	3,193 ± 0,611		
			Začátek experimentu	4,825 ± 0,723	4,825 ± 0,723	4,825 ± 0,723		
		<b>Liver</b>	80. den	4,874 ± 0,653	4,798 ± 0,648	4,850 ± 0,348		
			Konec experimentu	4,764 ± 0,680	4,360 ± 0,528	4,213 ± 0,638		
			Začátek experimentu	3,293 ± 0,310	3,293 ± 0,310	3,293 ± 0,310 <sup>a</sup>		
		<b>Muscle</b>	80. den	3,353 ± 0,358	3,194 ± 0,562	3,125 ± 0,635		
			Konec experimentu	3,234 ± 0,503	3,405 ± 0,892	2,340 ± 0,285 <sup>b</sup>		
			Začátek experimentu	1,698 ± 1,010	1,698 ± 1,010	1,698 ± 1,010		
		<b>Intes-tine</b>	80. den	1,205 ± 0,129	1,297 ± 0,158	1,135 ± 0,104		
			Konec experimentu	1,244 ± 0,185	1,179 ± 0,122	0,806 ± 0,451		
			Začátek experimentu	0,199 ± 0,055	0,199 ± 0,055	0,199 ± 0,055		
		<b>GR</b>	<b>nmol NADPH/min/mg protein</b>	<b>Brain</b>	80. den	0,195 ± 0,035	0,194 ± 0,080	0,172 ± 0,083
					Konec experimentu	0,234 ± 0,062	0,153 ± 0,080	0,134 ± 0,038
					Začátek experimentu	0,494 ± 0,135	0,494 ± 0,135	0,494 ± 0,135
				<b>Gill</b>	80. den	0,343 ± 0,098	0,386 ± 0,044	0,409 ± 0,103
					Konec experimentu	0,297 ± 0,067	0,379 ± 0,172	0,305 ± 0,037
					Začátek experimentu	0,442 ± 0,115	0,442 ± 0,115	0,442 ± 0,115
				<b>Liver</b>	80. den	0,399 ± 0,091	0,413 ± 0,126	0,377 ± 0,033
					Konec experimentu	0,388 ± 0,042	0,344 ± 0,164	0,369 ± 0,082
					Začátek experimentu	0,205 ± 0,053	0,205 ± 0,053	0,205 ± 0,053
<b>Muscle</b>	80. den			0,249 ± 0,048	0,224 ± 0,053	0,208 ± 0,040		
	Konec experimentu			0,255 ± 0,091	0,221 ± 0,050	0,268 ± 0,119		
	Začátek experimentu			0,066 ± 0,053	0,066 ± 0,053	0,066 ± 0,053		
<b>Intes-tine</b>	80. den			0,032 ± 0,013	0,037 ± 0,029	0,054 ± 0,013		
	Konec experimentu			0,028 ± 0,033	0,025 ± 0,014	0,029 ± 0,007		
	Začátek experimentu			5,534 ± 0,639	5,534 ± 0,639	5,534 ± 0,639		
<b>GSH</b>	<b>nmol GSH/mg pro-</b>			<b>Brain</b>	80. den	5,445 ± 1,027	5,522 ± 0,501	5,439 ± 0,508
					Konec experimentu	5,261 ± 0,900	5,467 ± 0,642	4,844 ± 0,755
					Začátek experimentu	5,190 ± 1,015	5,190 ± 1,015	5,190 ± 1,015
				<b>Gill</b>	80. den	4,693 ± 0,581	4,660 ± 0,478	4,863 ± 0,758
					Konec experimentu	4,442 ± 1,049	4,178 ± 0,649	4,515 ± 0,742
					Začátek experimentu	7,803 ± 0,675	7,803 ± 0,675	7,803 ± 0,675
				<b>Liver</b>	80. den	7,578 ± 0,347	7,565 ± 0,397	7,293 ± 0,483

<b>GST</b>	<b>nmol/min/mg protein</b>	<b>Muscle</b>	Konec experimentu	7,191 ± 1,068	7,010 ± 0,748	7,216 ± 1,244	
			Začátek experimentu	4,007 ± 0,707	4,007 ± 0,707	4,007 ± 0,707	
			80. den	4,002 ± 0,156	4,054 ± 0,239	3,987 ± 0,253	
		<b>Intes-tine</b>	Konec experimentu	4,016 ± 0,677	4,321 ± 0,320	3,592 ± 0,460	
			Začátek experimentu	1,730 ± 0,749	1,730 ± 0,749	1,730 ± 0,749	
			80. den	1,200 ± 0,086	1,234 ± 0,098	1,305 ± 0,156	
		<b>nmol/min/mg protein</b>	<b>Brain</b>	Konec experimentu	1,142 ± 0,135	1,198 ± 0,138	1,153 ± 0,114
				Začátek experimentu	2,887 ± 0,337	2,887 ± 0,337	2,887 ± 0,337
				80. den	2,934 ± 0,234	3,051 ± 0,121	2,953 ± 0,170
	<b>Gill</b>		Konec experimentu	3,071 ± 0,734	3,094 ± 0,198	2,478 ± 0,232	
			Začátek experimentu	3,277 ± 0,484	3,277 ± 0,484	3,277 ± 0,484	
			80. den	2,732 ± 0,535	2,671 ± 0,398	2,895 ± 0,344	
	<b>Liver</b>		Konec experimentu	2,693 ± 0,625	2,163 ± 0,501	2,405 ± 0,315	
			Začátek experimentu	4,955 ± 0,584	4,955 ± 0,584 <sup>a</sup>	4,955 ± 0,584 <sup>a</sup>	
			80. den	4,810 ± 0,482	4,783 ± 0,275	4,666 ± 0,337	
	<b>Muscle</b>	Konec experimentu	4,920 ± 0,829	4,656 ± 0,667 <sup>b</sup>	3,958 ± 0,491 <sup>b</sup>		
		Začátek experimentu	1,289 ± 0,190	1,289 ± 0,190	1,289 ± 0,190		
		80. den	1,115 ± 0,108	1,169 ± 0,155	1,225 ± 0,101		
<b>Intes-tine</b>	Konec experimentu	1,189 ± 0,377	1,064 ± 0,077	1,259 ± 0,050			
	Začátek experimentu	0,911 ± 0,134	0,911 ± 0,134	0,911 ± 0,134			
	80. den	1,084 ± 0,091	1,059 ± 0,256	1,092 ± 0,123			
<b>Intes-tine</b>	Konec experimentu	1,081 ± 0,118	1,183 ± 0,199	1,302 ± 0,165			

#### 4.10.2. Oxidativní stres při 23 °C

Výsledky týkající se oxidativního stresu při teplotě 23 °C jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Výsledky byly statisticky porovnány na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ) s výsledky kontrolního testování na začátku experimentu. U odchovávaných experimentálních ryb v prostředí s odlišným nasycením vody byly nejvýraznější rozdíly TBARS u všech experimentálních skupin, kdy nejvyšší hodnota byla u skupiny O+, CAT (Aktivita katalázy) a GP<sub>x</sub>. Další hodnoty nebyly statisticky významně rozdílné. Nejvíce zatížená skupina oxidativním stresem se při teplotě vody jeví experimentální skupina O+. Tento fakt je nejspíše způsoben vyšším příjmem krmiva a celkově vyšší aktivitou metabolismu oproti skupinám O a O-. Tyto výsledky však nemůžeme brát plně objektivně z důvodu absence výsledků z dalších odběrů vzorků díky přerušení experimentu vlivem vysoké mortality.

Tabulka 13: Úroveň oxidativního stresu a výskyt antioxidantních enzymů při odchovu candáta po dobu 80. dní v RAS při teplotě vody 23 °C. Hodnoty rozlišené rozdílným indexem a označené žlutou barvou pro lepší orientaci, jsou statisticky významně rozlišné na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ).

Para- metr	Tkáň	Doba expozice (dny)	Testovaná skupina						
			O+	O	O-				
ROS	% of control	Brain	Začátek experimentu	100,49 ± 2,49	100,49 ± 2,49	100,49 ± 2,49			
			80. den	101,85 ± 2,17	101,98 ± 1,93	103,43 ± 1,38			
			Konec experimentu						
		Gill	Začátek experimentu	100,3 ± 1,63	100,3 ± 1,63	100,3 ± 1,63			
			80. den	100,60 ± 0,86	100,08 ± 0,79	101,06 ± 2,47			
			Konec experimentu						
		Liver	Začátek experimentu	100,63 ± 1,65	100,63 ± 1,65	100,63 ± 1,65			
			80. den	101,93 ± 1,15	102,15 ± 1,23	102,16 ± 1,75			
			Konec experimentu						
		Muscle	Začátek experimentu	100,50 ± 2,02	100,50 ± 2,02	100,50 ± 2,02			
			80. den	101,89 ± 1,54	101,27 ± 1,54	102,01 ± 1,31			
			Konec experimentu						
		Intes- tine	Začátek experimentu	100,58 ± 1,69	100,58 ± 1,69	100,58 ± 1,69			
			80. den	102,14 ± 1,18	101,92 ± 1,05	101,51 ± 1,14			
			Konec experimentu						
		TBARS	nmol/mg protein	Brain	Začátek experimentu	1,65 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,65 ± 0,54 <sup>a</sup>	1,65 ± 0,54 <sup>a</sup>	
					80. den	2,364 ± 199 <sup>bb</sup>	1,957 ± 0,349 <sup>b</sup>	2,152 ± 0,305 <sup>bb</sup>	
					Konec experimentu				
				Gill	Začátek experimentu	0,210 ± 0,072	0,210 ± 0,072	0,210 ± 0,072	
					80. den	0,249 ± 0,098	0,231 ± 0,089	0,264 ± 0,097	
					Konec experimentu				
				Liver	Začátek experimentu	0,288 ± 0,042	0,288 ± 0,042	0,288 ± 0,042	
					80. den	0,278 ± 0,060	0,250 ± 0,056	0,239 ± 0,115	
					Konec experimentu				
Muscle	Začátek experimentu			0,289 ± 0,068	0,289 ± 0,068	0,289 ± 0,068			
	80. den			0,387 ± 0,098	0,352 ± 0,078	0,300 ± 0,073			
	Konec experimentu								
Intes- tine	Začátek experimentu			0,355 ± 0,103	0,355 ± 0,103	0,355 ± 0,103			
	80. den			0,332 ± 0,069	0,372 ± 0,077	0,376 ± 0,191			
	Konec experimentu								
SOD	nmol MPT/min/mg pro-			Brain	Začátek experimentu	0,18 ± 0,08	0,18 ± 0,08	0,18 ± 0,08	
					80. den	0,219 ± 0,034	0,196 ± 0,048	0,184 ± 0,084	
					Konec experimentu				
				Gill	Začátek experimentu	0,460 ± 0,129	0,460 ± 0,129	0,460 ± 0,129	
					80. den	0,463 ± 0,086	0,474 ± 0,075	0,480 ± 0,076	
					Konec experimentu				
						Začátek experimentu	0,478 ± 0,148	0,478 ± 0,148	0,478 ± 0,148

		<b>Liver</b>	80. den	0,505 ± 0,025	0,485 ± 0,068	0,461 ± 0,103
			Konec experimentu			
			<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	0,306 ± 0,047	0,306 ± 0,047
		<b>Muscle</b>	80. den	0,455 ± 0,059	0,424 ± 0,049	0,384 ± 0,102
			Konec experimentu			
			<b>Intes- tine</b>	Začátek experimentu	0,250 ± 0,181	0,250 ± 0,181
		<b>Intes- tine</b>	80. den	0,243 ± 0,105	0,245 ± 0,085	0,225 ± 0,072
			Konec experimentu			
			<b>CAT</b>	$\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min}/\text{mg protein}$	<b>Brain</b>	Začátek experimentu
80. den	0,419 ± 0,070	0,424 ± 0,133				0,468 ± 0,132
Konec experimentu						
<b>Gill</b>	Začátek experimentu	0,172 ± 0,054			0,172 ± 0,054	0,172 ± 0,054
	80. den	0,174 ± 0,055			0,151 ± 0,069	0,179 ± 0,055
	Konec experimentu					
<b>Liver</b>	Začátek experimentu	1,404 ± 0,236 <sup>a</sup>			1,404 ± 0,236 <sup>a</sup>	1,404 ± 0,236 <sup>a</sup>
	80. den	1,849 ± 0,225 <sup>bb</sup>			1,783 ± 0,408 <sup>b</sup>	1,602 ± 0,270 <sup>b</sup>
	Konec experimentu					
<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	0,118 ± 0,036	0,118 ± 0,036	0,118 ± 0,036		
	80. den	0,150 ± 0,032	0,141 ± 0,044	0,115 ± 0,028		
	Konec experimentu					
<b>Intes- tine</b>	Začátek experimentu	0,140 ± 0,088	0,140 ± 0,088	0,140 ± 0,088		
	80. den	0,149 ± 0,118	0,189 ± 0,103	0,186 ± 0,065		
	Konec experimentu					
<b>GPx</b>	$\text{mU}/\text{mg protein}$	<b>Brain</b>	Začátek experimentu	1,118 ± 0,470 <sup>a</sup>	1,118 ± 0,470	1,118 ± 0,470
			80. den	1,669 ± 0,461 <sup>b</sup>	1,471 ± 0,453	1,323 ± 0,663
			Konec experimentu			
		<b>Gill</b>	Začátek experimentu	3,671 ± 0,426	3,671 ± 0,426	3,671 ± 0,426
			80. den	4,129 ± 0,588	4,107 ± 0,283	3,564 ± 0,924
			Konec experimentu			
		<b>Liver</b>	Začátek experimentu	4,825 ± 0,723 <sup>a</sup>	4,825 ± 0,723	4,825 ± 0,723
			80. den	5,600 ± 0,414 <sup>b</sup>	5,282 ± 0,360	5,018 ± 0,408
			Konec experimentu			
<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	3,293 ± 0,310	3,293 ± 0,310	3,293 ± 0,310		
	80. den	3,444 ± 0,317	3,446 ± 0,235	3,323 ± 0,441		
	Konec experimentu					
<b>Intes- tine</b>	Začátek experimentu	1,698 ± 1,010	1,698 ± 1,010	1,698 ± 1,010		
	80. den	1,366 ± 0,213	1,500 ± 0,441	1,572 ± 0,345		
	Konec experimentu					
<b>GR</b>	$\text{nmol NADPH}/\text{min}/\text{mg}$	<b>Brain</b>	Začátek experimentu	0,199 ± 0,055	0,199 ± 0,055	0,199 ± 0,055
			80. den	0,195 ± 0,056	0,204 ± 0,063	0,192 ± 0,050
			Konec experimentu			
		<b>Gill</b>	Začátek experimentu	0,494 ± 0,135	0,494 ± 0,135	0,494 ± 0,135
			80. den	0,480 ± 0,094	0,466 ± 0,090	0,458 ± 0,160
			Konec experimentu			
		Začátek experimentu	0,442 ± 0,115	0,442 ± 0,115	0,442 ± 0,115	

		<b>Liver</b>	80. den	0,453 ± 0,100	0,450 ± 0,103	0,436 ± 0,090
			Konec experimentu			
			<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	0,205 ± 0,053	0,205 ± 0,053
		<b>Muscle</b>	80. den	0,265 ± 0,093	0,259 ± 0,072	0,241 ± 0,060
			Konec experimentu			
			<b>Intes- tine</b>	Začátek experimentu	0,066 ± 0,053	0,066 ± 0,053
		<b>Intes- tine</b>	80. den	0,079 ± 0,025	0,075 ± 0,035	0,076 ± 0,048
			Konec experimentu			
			<b>GSH</b>	<b>nmol GSH/mg protein</b>	<b>Brain</b>	Začátek experimentu
80. den	5,599 ± 0,711	5,828 ± 0,391				5,805 ± 0,417
Konec experimentu						
<b>Gill</b>	Začátek experimentu	5,190 ± 1,015			5,190 ± 1,015	5,190 ± 1,015
	80. den	5,429 ± 0,731			5,127 ± 0,682	5,296 ± 0,516
	Konec experimentu					
<b>Liver</b>	Začátek experimentu	7,803 ± 0,675			7,803 ± 0,675	7,803 ± 0,675
	80. den	8,519 ± 0,696			8,353 ± 0,634	8,071 ± 0,678
	Konec experimentu					
<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	4,007 ± 0,707	4,007 ± 0,707	4,007 ± 0,707		
	80. den	4,454 ± 0,451	4,332 ± 0,418	4,281 ± 0,422		
	Konec experimentu					
<b>Intes- tine</b>	Začátek experimentu	1,730 ± 0,749	1,730 ± 0,749	1,730 ± 0,749		
	80. den	1,641 ± 0,330	1,503 ± 0,426	1,336 ± 0,321		
	Konec experimentu					
<b>GST</b>	<b>nmol/min/mg protein</b>	<b>Brain</b>	Začátek experimentu	2,887 ± 0,337	2,887 ± 0,337	2,887 ± 0,337
			80. den	3,276 ± 0,392	3,215 ± 0,309	3,114 ± 0,260
			Konec experimentu			
		<b>Gill</b>	Začátek experimentu	3,277 ± 0,484	3,277 ± 0,484	3,277 ± 0,484
			80. den	3,019 ± 0,536	2,950 ± 0,673	2,906 ± 0,366
			Konec experimentu			
		<b>Liver</b>	Začátek experimentu	4,955 ± 0,584	4,955 ± 0,584	4,955 ± 0,584
			80. den	5,533 ± 0,675	5,360 ± 0,345	5,050 ± 0,394
			Konec experimentu			
		<b>Muscle</b>	Začátek experimentu	1,289 ± 0,190	1,289 ± 0,190	1,289 ± 0,190
			80. den	1,479 ± 0,133	1,420 ± 0,367	1,306 ± 0,090
			Konec experimentu			
		<b>Intes- tine</b>	Začátek experimentu	0,911 ± 0,134	0,911 ± 0,134	0,911 ± 0,134
			80. den	1,129 ± 0,117	1,107 ± 0,554	0,990 ± 0,068
			Konec experimentu			

## 5. Diskuze

Experiment této práce byl zaměřen zejména na určení ideálních

oxygenačních podmínek chovu candáta v recirkulačním akvakulturním systému RAS. Systémy RAS se zdají být velmi perspektivním řešením chovu ryb do budoucna. Již nyní se komplexně začíná více dbát na kvalitu vody v krajině a její celkovou spotřebu.

Množství rozpuštěného kyslíku může na ryby působit jak pozitivně, tak negativně. Zejména u druhů náročných na kvalitu a oxygenaci prostředí jako je candát obecný (*Sander lucioperca*). Díky nárokům na prostředí je chov candáta v intenzivních podmínkách velmi náročný. Horní letální hranice saturovaného kyslíku udávána Svobodová a kol., (2000) pro candáta chovaného v hyperoxickém prostředí 250 – 300 %, kdy dochází k nekróze žaber a úhynu ryb. Naopak Čítek a kol., (1997) udává negativní vliv hypoxie na přežití při spodní hranici pod 40 %  $\text{mg.l}^{-1} \text{O}_2$ . Tato saturace má za následek dušení apatii a následný úhyn ryb. V našem případě bylo použito v experimentálních skupinách O+ 110 – 150%, O = 80 – 110% a O- = 50 – 80% nasycením kyslíkem ve dvou totožných RAS s rozlišnými teplotami vody 20 a 23 °C. Oficiálně publikované experimenty vlivu saturace kyslíku na ryby byly prováděny jen na několika druzích ryb jako je losos obecný (*Salmo salar*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), kambala velká (*Scophthalmus maximus*), treska obecná (*Gadus morhua*) a mořský vlk (*Dicentrarchus labrax*). Při našem experimentu bylo konečné přežití candáta při teplotě 20 °C v hypoxii 87,40 %. Byl pozorován statisticky významný rozdíl na konci experimentu u experimentální skupiny O- = 87,40 %. Zbylé experimentální skupiny O+ s 90% přežitím a O s 90,37% přežitím byly bez statistického rozdílu. Zejména pro to že tyto podmínky prostředí a působení jsou si dosti podobné. Tento výsledek se liší od experimentu u kambaly velké, jak publikuje Person-Le Ruyet a kol., (2002), dále pak od experimentu s lososem Hosfeld a kol., (2008) a také mořskému vlku kterým se zabýval Pichavant a kol., (2001), kdy závěry těchto experimentů hovoří o statisticky nevýrazném rozdílu přežití v různých oxygenačních prostředích a neprůkazném vlivu saturace kyslíku hypoxie, normoxie a hyperoxie od 55 % do 150 %. Remen a kol., (2008) uvádí ve svém výzkumu s atlanskou treskou celkovou 9% úmrtnost, ale nebyla nalezena žádná specifická úmrtnost podle saturace kyslíku. Výsledky studie na kambale ukazují že minimální saturace kyslíku pro dosažení maximálního růstu je 80 – 110 %. Hodnoty nasycení kyslíkem 110 – 150 % kambale prokazatelně nijak neškodí.



Saturace kyslíku má u ryb vliv na příjem potravy, a tím zhoršený či zlepšený růst. Z výsledků našeho experimentu vyplývá nejhorší příjem potravy u candátů chovaných v hypoxickém prostředí, kdy koeficient konverze živin FCR je  $1,11 \pm 0,03$ . Pichavant a kol., (2001) sledoval taktéž poruchy příjmu krmiva u jeho experimentu na juvenilních jedincích kambaly velké zejména v hypoxickém prostředí kdy uvádí příjem potravy v hypoxii 0,98 %/den oproti rybám chovaných v normoxii a hyperoxii kdy hodnotu příjmu potravy uvádí 1,29-1,49 %/den. Foss a kol., (2002) toto tvrzení podpořil svou prací na vlkouši (*Anarhichas minor*). Thetmeyer a kol., (1999) sledoval stejný fakt na pokusu s mořským vlkem, kde výsledky jeho práce korelovaly předchozí autory. Ryba kvůli nedostatku kyslíku přestává přijímat potravu, anebo ji přijímá hůře a dalšími dodatečnými způsoby dýchání se snaží vyrovnat kyslíkové požadavky. Tím jsou omezeny aerobní procesy, vstřebávání živin a snížená růstová schopnost. Proto je taktéž důležité používat vhodné krmivo s dostatečnými nutričními hodnotami, aby jedinci prospívaly. Opakem je chov ryb v hyperoxickém prostředí, kdy má ryba dostatečně zásobený organismus kyslíkem. Remen a kol., (2008) zaznamenal ve své práci pozitivní vliv hyperoxie na růst tresky obecné. Maximální přírůstek v hyperoxickém prostředí byl  $SGR = 1,8$ , v normoxii byla hodnota  $SGR = 1,6$ . Hosfeld a kol., (2008) publikuje 120% saturaci kyslíkem pro lososa atlanského s hodnotou  $SGR = 0,50$  která byla statisticky významná proti rybám chovaných v hypoxii  $SGR = 0,26$ , a však v porovnání s výsledky z normoxie nebyly výsledky statisticky příliš významné. Thorarensen a kol., (2010) při pokusu na kambale velké pozorovali zlepšení růstu při hyperoxii, kdy 65. den experimentu uvádí  $SGR = 1,7$  v prostředí se 120% nasycením proti  $SGR = 1,55$  v prostředí s 80% nasycením, ale z finančního hlediska a nízkému rozdílu výsledků od normoxie, doporučili pro chov koncentraci na úrovni 80 – 100 %. V našem experimentu nebyly statisticky prokázány výrazné rozdíly růstu, přežití ani příjmu krmiva candáta mezi rybami chovaných v normoxii a hyperoxii. Porovnání hodnot specifické rychlosti experimentální skupiny O+, kdy experimentální ryby rostly rychlostí 1,66 % za den, u skupiny O byla rychlost růstu 1,59 % za den a u skupiny O- byla rychlost 1,29 %. Thetmeyer a kol., (1999) potvrdil ve své práci předešlé tvrzení, že hypoxie má negativní vliv na příjem krmiva a růst, jelikož ve své práci zaznamenal o 24% pomalejší růst v hypoxii než v normoxii.

Fultonův koeficient vyživenosti, se při experimentu této bakalářské práce pohyboval na úrovni  $FK = 0,76 - 0,79$  a demonstroval celkově dobrý zdravotní stav. Tyto hodnoty byly nižší oproti hodnotám uváděných Beránkem a kol., (2006), kteří uvádějí hodnoty vyživenosti odchovu násadového candáta  $FK = 1,23 \pm 0,12$  při chovu taktéž v intenzivních podmínkách. Tento rozdíl byl nejspíše způsoben použitím plovoucího krmiva během experimentu. Při experimentu na mořském vlku Thetmeyer a kol., (1999) publikuje Fultonův koeficient  $FK =$  od 1,01 do 1,06 kdy nejnižší koeficient byl naměřen v hypoxickém prostředí nejvyšší naopak v hyperoxickém. Statistický rozdíl nebyl prokázán.

Konverze živin FCR se při našem experimentu u experimentálních skupin ryb O+ a O chovaných v RAS 20 °C pohybovala  $FCR = 1,04 \pm 0,04$  a  $1,04 \pm 0,06$ . U experimentální skupiny O- byla konverze krmiva nejhorší s hodnotou 1,11 g/g. V RAS s teplotou vody 23 °C byla konverze krmiva po 80 dnech experimentu u skupiny O+ = 0,98 a O = 0,97g/g. Nejvyšší konverze krmiva byla opět pozorována u experimentální skupiny chované v hypoxickém prostředí s hodnotou  $FCR = 1,04$  g/g. Policar a kol., (2017) udává ve svém pokusu s aplikací ozonu při chovu v RAS daleko vyšší koeficient FCR a to 3,05 a 3,13 g/g u candáta obecného a 1,82 a 1,87 u sumce velkého. Zde také uvádí že tento koeficient je vyšší u candátů z důvodu nevhodného krmiva.

Z výsledků procentuálního hmotnostního podílu jater HSI sleziny a tělního tuku VSI jsou patrné změny, kdy byly nalezeny větší játra a větší množství tělesného tuku u experimentálních ryb chovaných v hyperoxickém prostředí s teplotou vody 20 °C hyperoxickém prostředí byla hodnota  $HSI = 2,16 \%$  stejně tomu je i u hodnoty  $VSI = 2,84 \%$  kdy byl prokázán statisticky významný rozdíl oproti výsledkům ze začátku experimentu. V RAS s teplotou vody 23 °C a hyperoxickém prostředí byl prokázán stejný statisticky významný rozdíl hodnot  $HSI = 1,81 \%$  a  $VSI = 2,68 \%$  vůči výsledkům z počátku experimentu. V normoxickém prostředí bylo u obou RAS s teplotou vody 20 i 23 °C prokázáno stejného principiálního rozdílu jako u hyperoxického prostředí s hodnotami  $HSI = 1,60 \%$  v RAS 20 °C a  $2,14 \%$  v RAS 23 °C,  $VSI = 2,62 \%$  v RAS 20 °C a  $2,68 \%$  v RAS 23 °C. Zvětšení sleziny nebylo prokázáno. Policar a kol., (2017) uvádí hodnoty při experimentálním chovu candáta a sumce velkého v RAS s různými úrovněmi ozonizace Ozon –  $HSI = 1,77 \%$  a  $VSI = 5,62 \%$  u candáta a  $HSI = 1,43 \%$ ,  $VSI = 1,65 \%$  u sumce velkého. V této zprávě

je uvedeno že candát měl problém s metabolismem tuku a negativně tak byla ovlivněna funkce jater a sleziny. U sumce tento projev nebyl zaznamenán. Dále pak je uvedena možnost způsobení tohoto výsledku zvolením nevhodného krmiva pro candáta. Z výsledků našeho experimentu lze usuzovat, že v našem případě bylo krmivo zvoleno správně a dané výsledky jsou ovlivněné zejména rozdílnou saturací kyslíku. Výsledky velikosti sleziny nebyly statisticky rozlišné. Celkově jsou výsledky odpovídající vývojovému stádiu i množství příjmu potravy. Dále byl stanoven biochemický profil krve. Na konci experimentu byly statisticky výsledky porovnány s počáteční kontrolní řadou odebranou v den 0 experimentu, které byly provedeny na vzorku ryb před nasazením do RAS. Výsledky nevykázaly statisticky významné rozdíly ( $p \leq 0,05$ ) oproti výsledkům publikovaným Wangem a kol., (2019), kde uvádí hodnoty v biochemickém profilu u candáta obecného chovaného v rozdílných teplotách. Uvádí, že ve srovnání s kontrolní skupinou v jeho experimentu nebyly žádné významné rozdíly v počtu RBC, obsahu Hb a PCV ve skupinách ryb chovaných 28 °C a 32 °C, zatímco všechny tři zmíněné skupiny RBC, Hb, PCV vykazovaly významné zvýšení ve skupinách 34 °C a 36 °C na hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ). Kromě 28 °C skupiny, výrazný nárůst počtu WBC a obsahu GLB byly pozorovány ve všech ostatních testovaných teplotách 28, 32, 34, 36 °C. Hodnota ALB se s rostoucími teplotami v daném experimentu výrazně snižovala. Ve srovnání s kontrolní skupinou při teplotách 28 °C a 32 °C skupiny se významně lišily ( $p \leq 0,05$ ) na základě tohoto porovnání lze říci že na výraznou změnu biochemického profilu krve má především vliv teplota, nikoliv nasycení vody kyslíkem. Jak vyplývá i z výsledků experimentu na candátovi chovaných v různých saturacích kyslíkem uvedených v této bakalářské práci. Dalším krokem k posouzení zdravotního stavu ryb bylo hematologické vyšetření krve. V průběhu experimentu bylo provedeno hematologické vyšetření na začátku experimentu, v polovině (80. den) a na konci (160. den). Toto vyšetření bylo prováděno z hlediska posouzení celkového zdravotního stavu experimentálních ryb a prokázání tak vlivu oxygenace. Signifikantní rozdíl ( $p \leq 0,05$ ) nebyl ve výsledcích prokázán. Pouze v krevním obrazu bylo zvýšené množství MCV, kdy výrazněji stoupla střední hodnota erytrocytů u všech skupin (O+ = 164,00, O = 158,01, O- = 159,07 v RAS při teplotě 20 °C a O+ = 213,87, O = 172,61 a O - = 176,24 v ras při teplotě 23 °C) tyto hodnoty jsou však v normě u zdravých candátů podle Svobodová a kol., (2012).

Ruviet a kol., (2002) uvádí ve své práci na kambale statisticky nevýrazný rozdíl ve výsledcích hematologického vyšetření. Pichvant a kol., (2001) hovoří taktéž o nevýrazných změnách vlivem oxygenace. Hosfeld a kol., (2008) na pokusu s atlantským lososem taktéž nezaznamenal signifikantní rozdíl ve výsledcích hematologického vyšetření. U candáta obecného jakož to u ryby velice náchylné na stres, byla zhodnocena i míra oxidativního stresu v zasažených tkáních. Většina prací a publikací zkoumající oxidativní stres, je zaměřena na látky a polutanty který tento stres způsobují. Například Stará a kol., (2012b) popisuje ve své práci vliv triazinů na výsledky oxidativního stresu ROS při působení simazinu v koncentraci  $4\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  v jaterní tkáni po dobu působení 28 a 60 dní. Oxidativní stres způsobený rozdílnou saturací kyslíku zatím zkoumán nebyl. Z výsledků našeho experimentu bylo dokázáno signifikantní rozdílů ( $p \leq 0,05$ ) v RAS  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  u testu TBARS (lipidní peroxidace), kdy je tento test nejběžněji používán z důvodu vzniku jedovatých aldehydů a hydroperoxidů. Na konci experimentu po 160 dnech bylo prokázáno zvýšení hodnot v mozku, žaber a ve svalovině. Nejhorší výsledky byly prokázány v experimentální skupině ryb chovaných hypoxii 50 – 80 % nasycení  $\text{O}_2$ . V mozku =  $1,57\text{ mol/mg}\cdot\text{prot.}$ , v žábrech  $0,39\text{ mol/mg}\cdot\text{prot.}$  a ve svalovině =  $0,38\text{ mol/mg}\cdot\text{prot.}$  V RAS s teplotou vody  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  byl prokázán v testu TBARS signifikantní rozdíl ( $p \leq 0,05$ ) po 80. dnech experimentu u všech skupin v mozkové tkáni  $\text{O}+ = 2,36\text{ mol/mg}\cdot\text{prot.}$ ,  $\text{O} = 1,95\text{ mol/mg}\cdot\text{prot.}$  a  $\text{O}- = 2,15\text{ mol/mg}\cdot\text{prot.}$  S oxidativním stresem jsou přímo spojené antioxidační systémy jako intracelulární obrana proti oxidativnímu stresu. Antioxidační enzymy regulují redoxně závislou signalizaci, která je nezbytná pro vrozenou imunitu (Selvaraj et al., 2012). SOD se považuje za klíčový parametr má roli v prvním kroku enzymatického antioxidačního obranného systému v rybím těle (Yu et al., 2017). CAT a GPX mají schopnost eliminovat  $\text{H}_2\text{O}_2$ , což pomáhá působit proti oxidačnímu účinku stresu. GSh-Px mohou konvertovat  $\text{H}_2\text{O}_2$  i při nízké koncentraci, jak uvádí (Duan a kol., 2015). V našem experimentu byly prokázány signifikantní rozdíly ( $p \leq 0,05$ ) SOD v RAS  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  v mozkové tkáni a játrech. Z výsledků hodnot mozkové tkáně vyplývá, že oxidativním stresem byly zatíženy všechny experimentální ryby. Nejvyšší aktivita byla zaznamenána u candátů po 160 dnech, chovaných v hyperoxii (110 – 150 %  $\text{O}_2$ ) s hodnotou aktivity SOD =  $0,17\text{ }\mu\text{mol NBT/min/mg protein.}$  Dále pak u ryb chovaných v  $\text{O}-$  s hodnotou SOD =  $0,16\text{ }\mu\text{mol NBT/min/mg protein.}$  Nejmenší

aktivita SOD byla zaznamenána u ryb chovaných v normoxickém prostředí 80 – 100 % O<sub>2</sub>. U ryb chovaných v RAS s teplotou vody 23 °C byly nejvíce postižená játra kdy hodnoty CAT O<sub>+</sub> = 1,84, O = 1,18 a O<sub>-</sub> = 1,6 μmol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/min/mg protein. Poté i GP<sub>x</sub> takéž jater, které vykazalo po 80 dnech experimentu hodnotu O<sub>+</sub> = 5,6 mU/mg protein. Li, C a kol., (2019) uvádí ve svém experimentu s candátem na tepelný stres, který významně ovlivnil fyziologické a biochemické účinky aktivity candáta. Jejich výsledky ukázaly, že tepelný stres zvýšil hladiny ROS, pak způsobily antioxidační obranu a imunitní odpověď, uvádí že při delším odchovu v teplotách 23, 28, 32, 34 a 36 °C utrpěl candát vážné poškození jater, a to vedlo dále ke smrti. Toto tvrzení se v našem experimentu částečně potvrdilo, kdy vlivem teploty a hypoxickému prostředí došlo k masivnímu úhynu ryb v ras o teplotě vody 23 °C. Sayeed a kol., (2003) zkoumali ve svém experimentu účinek deltametrinu (0,75 mg/l) na antioxidanty na hadohlavci (*Chana punktatus*), Jednorázová expozice po dobu 48 hodin způsobila indukci různých antioxidačních enzymů a neenzymatických antioxidantů, jak uvádí v ledvinách a játrech. Indukce těchto antioxidantů nebyla v žábřích příliš výrazná. Katalázová aktivita byla snížena ve všech tkáních. Deltamethrin také vyvolal peroxidaci lipidů ve všech tkáních, žábry vykazovaly nejvyšší úroveň. Glutathion, který je zavedeným neenzymatickým antioxidantem u ryb byl, jak uvádí Sayeed a kol., (2003) signifikantní rozdíl ( $p \leq 001$ ) zvýšené ve všech tkáních. Obsah kyseliny askorbové se zvýšil v ledvinách a játrech, zatímco se snížil v žábřích.

## 6. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo pomocí experimentu posoudit a zoptimalizovat oxidativní podmínky pro intenzivní chov candáta obecného v RAS. Výsledky byly mezi sebou statisticky porovnány a vyhodnoceny. Z výsledků této práce je patrný přímý vliv saturace kyslíku na příjem potravy a tím spojená rychlost růstu a zdravotní stav ryb. V porovnání experimentálních ryb chovaných v hypoxii proti rybám chovaných v normoxii a hyperoxii.

Byly porovnány tři úrovně nasycení kyslíkem hypoxie 50 – 80 % O<sub>2</sub> normoxie 80 – 110 % O<sub>2</sub> a hyperoxie 110 – 150 % O<sub>2</sub> ve dvou stejných recirkulačních akvakulturních systémech (RAS) o teplotách vody 20 a 23 °C. V RAS o teplotě 20 °C byl prokázán negativní vliv hypoxie v porovnání vůči hyperoxii a normoxii, které mezi sebou vzájemně nevykázaly zásadní rozdíly v příjmu potravy a přežití experimentálních ryb. Stejně tak tomu bylo ve stanovení biochemického profilu krve, hematologického vyšetření a oxidativního stresu, který byl prokázán zejména v mozkové tkáni a žábrech. Celkově lze tedy učinit několik závěrů:

1. Závěr saturace kyslíku 110 – 150 % a 80 – 110 % při intenzivním chovu candáta obecného v RAS nevykazuje zásadní statisticky významné rozdíly jako jsou růst, zdravotní stav a přežití. Na základě výsledků uvedených v této práci se doporučuje využívat nasycení kyslíkem 80 – 110 %, jelikož vyšší saturace kyslíkem je finančně náročnější. Dále se doporučuje teplota vody 20 °C. Z důvodu dobrého přežití a celkově optimálních podmínek pro chov.

2. Závěr, hypoxie (saturace kyslíku 50 – 80 %) se v chovu candáta nedoporučuje, jelikož má negativní vliv na zdravotní stav a přežití odchovávaných ryb ve srovnání s výsledky z 80 – 110% a 110 – 150% nasycením vody kyslíkem.

3. Závěr teplota 23 °C a hypoxické prostředí (saturace kyslíkem 50 – 80 %) se nedoporučuje, jelikož má negativní vliv na zdravotní stav a zejména také z důvodu vysoké mortality, kdy v této práci je zaznamenán úhyn experimentálních ryb až 72,23 %.

4. Závěr, i přes neúplnost dat z RAS o teplotě vody 23 °C a nasycení kyslíkem 110 – 150 %, je patrná vyšší rychlost růstu než při teplotě 20 °C za stejný časový úsek a to koeficientem SGR  $1,33 > 1,16$  po uplynutí 80 dnů experimentu.

Všechny tyto výsledky by měly napomoci dalšímu úspěšnému odchovu jak juvenilních, tak tržních candátů obecných v RAS. Snížit co nejvíce mortalitu a dosáhnout tak lepších chovatelských výsledků. Následně pak lépe pokrýt poptávku na trhu rybami odchovanými v RAS.

## 7. Seznam tabulek

1. Taxonomické zařazení candáta obecného (*Sander lucioperca*) str: 9
2. Krmiva od firmy Biomar str: 27
3. Tabulka 3: Souhrnné výsledky SGR str: 41
4. Tabulka 4: Souhrnné výsledky SGR 75 str: 41
5. Tabulka 5: znázorňující hodnoty koeficientu FCR 20 °C. str: 42
6. Tabulka 6: znázorňující hodnoty koeficientu FCR 23 °C. str: 42
7. Tabulka 7: Souhrnné výsledky FC str: 43
8. Tabulka 8: Souhrnné výsledky FC str: 44
9. Tabulka 9: výsledky týkající se stanovení a vyhodnocení SSI, HSI a VSI 45
10. Tabulka 10: Biochemický profil krve str: 46
11. Tabulka 11: Hematologické vyšetření krve str: 47
12. Tabulka 12: Úroveň oxidativního stresu a výskyt antioxidantní enzymů při odchovu candáta po dobu 150 dní v RAS při teplotě vody 20 °C str: 48
13. Tabulka 13: Úroveň oxidativního stresu a výskyt antioxidantní enzymů při odchovu candáta po dobu 75 dní v RAS při teplotě vody 23 °C str: 52



## 8. Přehled použité literatury

- Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010. Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 361 s
- Balik, Ü., Çubuk, H., Karaşahin, B., Özkök, R., Uysal, R., Alp, A. 2006. Food and Feeding Habits of the Pikeperch, (*Sander lucioperca*) (Linnaeus, 1758), Population from Lake Eğirdir (Turkey). Turk J Zool, 30,19—26.
- Bártů, V., Kopp, R. 2004. Exkrece amoniaku u plůdku kapra (*Cyprinus carpio L.*) ve vztahu k různé úrovni proteinu v krmivu. Sbírnka referátů s mezinárodní účastí (Brno 30. Listopadu a 1. Prosince 2004) ÚRH MZLU v Brně, 114—118.
- Baruš, V., Oliva, O. 1995a. Mihulovci a ryby, 1. Díl. Academia Praha, 623.
- Baruš, V., Oliva, O. 1995b. Mihulovci a ryby 2. Academia., Praha. 395—413.
- Baruš, V., Oliva, O. (Eds.), 1995. Mihulovci - Petromyzontes a Ryby - *Osteichthyes* (2). Academia, Praha, 704 s.
- Bastl, I. 1978. Raný vývoj zubáča obyčajného (*Sander lucioperca*) v podmienkach Oravskej údolnej nádrže. Biol. Práce SAV, 24(3), 99—181.
- Beers, R. F., Sizer, I. W., 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. J. Biol. Chem., 195: 133—140.
- Beránek, V., Mareš, J., Prokeš M., Jirásek, J., Spurný, P. 2005a: Možnosti odchovu plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolních podmínkách - krátký přehled. Bulletin VÚHR Vodňany. sv. 41, č. 3, 128—124.
- Beránek, V., Mareš, J., Prokeš, M., Jirásek, J., Spurný, P., 2005. Možnosti odchovu plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v kontrolovaných podmínkách - Krátký přehled. Bulletin VÚRH Vodňany 41 (3), 128—134.
- Berka, R., Hamáčková, J., 198. Chov štiky a candáta: Studijní informace. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 80 s.
- Blažka, P., 1957. Jak ryby dýchají. Vesmír 36: 16—17
- Bódis, M., Kucska, B., Bercsényi, M., 2007. The effect of different diets on the growth and mortality of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) in the transition from live food to formulated feed. Aquaculture International 15, 83—90.
- Bokor, Z., Müller, T., Bercsényi, M., Horváth, L., Urbányi, B., Horváth, A. 2007. Cryopreservation of sperm of two European percid species, the pikeperch

- (*Sander lucioperca*) and the Volga pikeperch (*S. volgensis*). Acta Biol Hung, 58(2), 199—207.
- Carlberg, I., Mannervik, B., 1975. Purification and characterization of flavoenzyme glutathione reductase from rat liver. J. Biol. Chem., 250.
- Clark-Kolaks, S. 2009. Distribution and movement of walleye (*Sandervitreus*) in monroe resevoir, Indiana 2008 and 2009. Indiana Department of Natural Resources, 4—10.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. Rybníkářství. 2. aktualizované vydání. Informatorium, Praha, 307 s.
- Čítek, J., Svobodová, Z., Teserčík, J. 1997. Nemoci sladkovodních a akvarijských ryb. vydání 2. Infomatorium Praha, 218.
- Dil, H., 2008. The European market of the pikeperch for human consumption. 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, s. 15—16
- Duan, Y.F., Zhang, J.S., Dong, H.B., Wang, Y., Liu, Q.S., Li, H., 2015. Oxidative stress response of the black tiger shrimp penaeus monodon to vibrio parahaemolyticus challenge. Fish Shellfish Immunol. 46 (2), 354—365.
- Dubský, K., 1998. Základy chovu vedlejších druhů ryb. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha, 35 s.
- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V. 2003. Obecné rybářství. Informatorium Praha, 308s
- Dyk, V. 1956. Potravní základna v pstruhových vodách. Sb. ČSAZV – Živoč.výroba, 29 (12), 985—990.
- Ferrari, A., Venturino, A., de D'Angelo, A.M.P., 2007. Effects of carbaryl and azinphos methylon juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) detoxifying enzymes. Pestic.Biochem. Physiol., 88: 134—142.
- Foss, A., Evensen, T.H., Øiestad, V. 2002. Effects of hypoxia and hyperoxia on growth and food conversion efficiency in the spotted wolffish *Anarhichas minor* Olafsen. Aquaculture, 33, 437—444
- Gielen, M., Rougeot, C., Neus, Y., Bezandry, B., Mélard, Ch., 2003. Semi-intensive larval rearing of pikeperch, *Stizostedion lucioperca*. In: Barry, T.P., Malison, J.A. Eds, Proceedings of PERCIDS III. The Third International Percid Fish Symposium, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, s. 29—30.

- Habig, W. H., M. J. Pabst, W. B. Jakoby, J. 1974. Glutathione S-Transferases – First Enzymatic Step in Mercapturic Acid Formation. *Journal of Biological Chemistry* 249(22): 7130—7139.
- Hanel, L., Lusk, S. 2005. Ryby a mihule České republiky – Rozšíření a ochrana. Český svaz ochránců přírody Vlašim, 41—352 s.
- Harder, W., 1975a, *Anatomy of Fishes Part I: Text*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, Germany, 612 pp.
- Hartman, P., Přikryl, I., Štědranský, E., 1998: *Hydrobiologie*. 2. přepr. vyd. Praha: Informatorium, s. 335.
- Hartman, P., Regenda, J., 2016. *Praktika v rybníkářství*. 2. vydání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 375 s.
- Heteša, J., Kočková, E., 1997: *Hydrochemie*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, s. 95.
- Holčík, J., Mihálek, J. (1971). *Sladkovodní ryby*. vydání 1. Praha Artia, 133.
- Hosfeld, C. D., Engevik, A., Mollan, T., Lunde, T. M., Waagbø, R., Olsen, A.B., Breck, O., Stefansson, S., Fivelstad, S. 2008. Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) smolts. *Aquaculture*, 280, 146—153
- Jirásek, J., Adámek, Z., PHA, N. 1977. Vliv různé potravy na spotřebu kyslíku a kapřího plůdku. In: *Živočišná výroba*, 22, 833—838.
- John N. Maina, Functional morphology of the respiratory organs of the air-breathing fish with particular emphasis on the African catfishes, *Clarias mossambicus* and *C. gariepinus*, *Acta Histochemica*, 10.1016/j.acthis.2018.08.007, 120, 7, (613—622),
- Kaestner, A., 1991. *Lehrbuch der speziellen Zoologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena, Germany, 498pp.
- Kaiser, G., E., Wheaton, F., W., 1983: Nitrification filters for aquatic culture systems: state of the art. *J. World Maricult. Soc.* 14: 302—324 s
- Kestemont, P., Xu, X., Hamza, N., Maboudou, J., Toko, I.I., 2007. Effect of weaning age and diet on pikeperch larviculture. *Aquaculture* 264, 197—204.
- Kljaštorin, L. B. (1982). *Vodnoje dychanije i kislorodnyje potrebnosti ryb*. Moskva, Izd. Legkaja i piščevaja prom., 167 pp.
- Kolářová, J., Velíšek, J., 2012. Stanovení a vyhodnocení biochemického profilu krve ryb. *Edice Metodik, VÚRH FROV JU Vodňany*, č.135, 54s

- Kroupová, H., Máchová, J., Svobodová, Z., 2005. Nitrite influence on fish – a review. *Veterinary Medicine – Czech* 50, 461—471.
- Lappalainen, J., Dörner, H., Wysujack, K. 2003. Reproduction biology of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) a review. *Ecology of Freshwater Fish* 12, 95—106.
- Li, C., Wang, Y., Wang, G., Chen, Y., Guo, J., Pan, C., ... Ling, Q. (2019). Physicochemical changes in liver and Hsc70 expression in pikeperch (*Sander lucioperca*) under heat stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 181, 130—137.
- Ljunggren, L., 2002. Growth response of pikeperch larvae in relation to body size and zooplankton abundance. *Journal of Fish Biology* 60, 405—414.
- 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.
- Loveless, J., E., Painter, H., A., 1968: The influence of metal ion concentration and pH value on the growth of a *Nitrosomonas* strain isolated from activated sludge. *J. Gen. Micro.* 52: 1—14 s.
- Luchiari, A. C., Freire, F. A. D., Koskela, J., Pirhonen, J. 2006. Light intensity preference of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*, 37, 1572—1577.
- Lushchak, V. I., Bagnyukova, T. V., Husak, V. V., Luzhna, L. I., Lushchak, O. V., Storey, K. B., 2005. Hyperoxia results in transient oxidative stress and an adaptive response by antioxidant enzymes in goldfish tissues. *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, 37: 1670—1680.
- Lusk, S., Baruš, V., Vostradovský, J., 1983. *Ryby v našich vodách*. Academia, Praha, 212 s.
- Lusk, S., Heteša, J., Hochman, L., Král, K. 1983. Účelové rybí obsádky v údolních nádržích. *Hydroprojekt Brno, Vývoj č. 6*, 110 s.
- Marklund, S., Marklund, G., 1974. Involvement of superoxide anion radical in autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.*, 47:469—474.
- Molnár, T., Hancz, Cs., Bódis, M., Müller, T., Bercsényi, M., Horn, P., 2004. The effect of initial stocking density on growth and survival of pikeperch fingerlings reared under intensive conditions. *Aquaculture International* 12, 181—189.
- Müller-Belecke, A., Zienert, S., 2008. Out-of-season spawning of pike perch (*Sander lucioperca* L.) without the need for hormonal treatments. *Aquaculture Research*, 39, 1279—1285

- Musil, J., Kouřil, J., 2012. Řízená reprodukce candáta obecného a odchov jeho plůdku v rybnících. Editace Metodik 76 (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 23 s.
- Nagel, T. O. 1976 Intensive culture of fingerlings walleyes on formulated Leeds. *Progres.FishCulture*, 90—91.
- Person-Le Ruyet, J., Pichavant, K., Vacher, C., Le Bayon, N., Se´ve`re, A., Boeuf G. 2002. Effects of O<sub>2</sub> supersaturation on metabolism and growth in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus L.*). *Aquaculture*, 373—383.
- Peters, H.M., Luftatmung der Anabantoidei. *Zoomorphology* 89: 93—123.
- Pichavant, K., Person-Le-Ruyet, J., Le Bayon, N., Severe, A., Le Roux A., Boeuf, G. 2001. Comparative effects of long-term hypoxia on growth, feeding and oxygen consumption in juvenile turbot and European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 59, 875—883.
- Pitter, B. (1990). *Hydrochemie*. vydání 2. Nakladatelství technické literatury Praha, 565 s.
- Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Editace Metodik 110 (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 46 s.
- Polícar, T., Bláha, M., Křišťan, J., Stejskal, V., 2011. Kvalitní a vyrovnaná produkce rychleného plůdku candáta obecného (*Sander lucioperca*) v rybnících. Editace Metodik 110 (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 46 s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca L.*) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Editace Metodik 141 (Technologická řada), Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 46 s.
- Polícar, T., Křišťan, J., Blecha, M., Vaniš, J., 2014. Adaptace a chov juvenilních ryb candáta obecného (*Sander lucioperca L.*) v recirkulačním akvakulturním systému (RAS). Editace Metodik, FROV JU Vodňany, č. 141, s.8—35.
- Polícar, T., Stejskal, V., Křišťan, J., Bossuyt, J., Bláha, M., 2013. The effect of fish size and density on the weaning success in pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca L.*). *Aquaculture International* 21: (4), 869—882
- Polícar, T., Stejskal, V., Křišťan, J., Podhorec, P., Švinger, V., Bláha, M., (2013). The effect of fish size and stocking density on the weaning succes of pond-cultured pikeperch (*Sander lucioperca L.*) juveniles. *Aquaculture International* 21, 869—882.

- Pravda, D., Svobodová, Z.: Hematologie ryb. Odd. 10. In: DOUBEK, J., a kol., 2003. Veterinární hematologie. Brno: Noviko, 2003. 464 s. (381—405)
- Remen, M., Imsland A.K., Stefansson, S.O., Jonassen T.M., Foss A. 2008. Interactive effects of ammonia and oxygen on growth and physiological status of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 274, 292—299.
- Roberts, J.L., 1975b. Respiratory adaptations in aquatic animals. In: Vernberg, FJ.(Ed), *Physiological adaptations to the environment*. Intext Educational public, New York, USA, pp.395—414.
- Sayed, I., Parvez, S., Pandey, S., Bin-Hafeez, B., Haque, R., & Raisuddin, S. 2003. Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Channa punctatus* Bloch. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56(2), 295—301.
- Selvaraj, V., Yeager-Armstead, M., Murray, E., 2012. Protective and antioxidant role of selenium on arsenic trioxide-induced oxidative stress and genotoxicity in the fish hepatoma cell line plhc-1. *Environ. Toxicol. Chem.* 185 (1), 116—123.
- Stará, A., Máchová, J., Velíšek, J., 2012b. Effect of chronic exposure to simazine on oxidative stress and antioxidant response in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 33, 334—343.
- Steffens, W., Geldhauser, F., Gerstner, P., Hilge, V., 1996. German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Annales Zoologici Fennici* 33, 627—634.
- Stejskal, V., Kouril, J., Valentova, O., Hamackova, J., Policar, T., 2009. Size-related oxygen consumption and ammonia excretion of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared in a recirculating system. *Aquaculture Research*, 41, 135—142
- Svobodová, Z., D. Pravda a H. Modrá, 2012. *Metody hematologického vyšetřování ryb*. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.
- Svobodová, Z., Máchová J., a kolektiv 2000. *Ekotoxikologie-praktická cvičení část II.: diagnostika havarijních úhynů ryb a dalších vodních organismů*. Vydání 1. Brno: Ediční středisko Veterinární a farmaceutické univerzity Brno, 2000, 134 s.
- Szkudlarek, M., Zakęś, Z., 2002. The effect of stock density on the effectiveness of rearing pikeperch (*Sander lucioperca* (L.) summer fry. *Archives of Polish Fisheries* 10, 115 —119.

- Thetmeyer, H., Waller, U., Black, K.D., Inselmann, S., Rosenthal, H. 1999. Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under hypoxic and oscillating oxygen conditions. *Aquaculture*, 174, 355—367.
- Thorarensen, H., Gústavsson, A., Mallya, Y., Gunnarsson, S., Árnason, J., Arnarson, I., Jónsson, A. F., Smáradóttir, H., Zoega, G. T., Imsland, A.K. 2010. The effect of oxygen saturation on the growth and feed conversion of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 309, 96—102
- Timmons M., B., a kol., 2002: Recirculating aquaculture systems. 2. vyd. Ithaca, NY: Cayuga Aqua Ventures.
- Volf, F. (1928). Biologie a hospodářský význam candáta obecného. Zpráva výzkumného ústavů zemědělských, Praha, 35, 68 pp
- Wang, N., Xu, X., Kestemont, P., 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juveniles (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Volume 289, Issues 1-2, 3*, 70—73.
- Yu, H.B., Deng, W., Zhang, D.D., Gao, Y., Yang, Z., Shi, X.C., Sun, J., Zhou, J.S., Hong, J., 2017. Antioxidant defenses of *Onychostoma macrolepis* in response to thermal stress: insight from mrna expression and activity of superoxide dismutase and catalase. *Fish Shellfish Immunol.* 66, 50—61
- Zakes, Z. 1999. The effect of body size and water temperature on the results of intensit rearing of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) fry under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries* 7, 187—199.
- Zakęś, Z., 2012. The effect of body size and water temperature on the results of intensive rearing of pikeperch, (*Stizostedion lucioperca* (L.) fry under controlled conditions. *Archives of Polish Fisheries* 20, 165—172.
- Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K., 1998. Intensive rearing of juvenile *Stizostedion lucioperca* (*Percidae*) fed natural and artificial diets. *Italian Journal of Zoology* 65, 507—509.
- Zingel, P., Paaver, T., (2010). Effects of turbidity on feeding of the young-of-the-year pikeperch (*Sander lucioperca*) in fishponds. *Aquaculture Research* 41, 189—197.

Internetové stránky:

Obrázek žaber: *rybářská specializace MENDELU* [onlinecit. 03.05.2020].

Dostupné

z: <http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/ichtyologie/DYCHACI%20SOUSTAVA.pdf>

Polícar T., Kolářová J., Křišťan J., Technická zpráva, Provozní ověření využití ozónu v intenzivním chovu ryb [online]\_Vodňany 30.6.2017[cit.16.5.2019] dostupné z:

[http://eagri.cz/public/web/file/609751/Technicka zprava projektu CZ. 10. 2. 10  
1 2. 1 0. 0 15 001 0000044.pdf.](http://eagri.cz/public/web/file/609751/Technicka_zprava_projektu_CZ.10.2.10.1.2.1.0.015.001.0000044.pdf)



## 9. Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1: Funkce žaberního aparátu kostnatých ryb .....	14
Obrázek 2: Stavba žaberního aparátu .....	15
Obrázek 3: Odebírané vzorky .....	30
obrázek 4: Odběr krve z podpáteřních cév.....	31
Graf 1: Průběh kusové průměrné hmotnosti těla (20 °C) .....	35
Graf 2: Průběh kusové průměrné hmotnosti těla (23 °C) .....	36
Graf 3: Průběh kusové průměrné celkové délky těla (TL v milimetrech) u candáta obecného při teplotě vody 20 °C.....	37
Graf 4: Průběh kusové průměrné celkové délky těla (TL v milimetrech) u candáta obecného při teplotě vody 23 °C.....	38
Graf 5: Kumulativní přežití juvenilních candátů (20 °C) .....	39
Graf 6: Kumulativní přežití juvenilních candátů (23 °C) .....	40

## **10. Seznam použitých zkratek**

ALB – Albuminy

ALP – Alkalická fosfatáza

ALT – Alanin aminotransferáza

AST – Asparát aminotransferáza

Ca – Kalcium (vápník)

Ca<sub>r</sub> – Candát rychlený

CAT – Aktivita katalázy

CK – Kreatinkináza

ČR – Česká republika

FROV – Fakulta rybářství a ochrany vod

GLOB – Globuliny

GLU – Glukóza

GP<sub>x</sub> – Cytosolová glutathion peroxidáza

GSH – Glutathion peroxidáza

GST – Glutathiontransferáza

HSI – Hmotnostní podíl jater

JU – Jihočeská univerzita

LACT – Laktát

LDH – Laktát dehydrogenáza

Mg – Magnézium (hořčík)

PHOS – Anorganický fosfát

PVE – Poly vinyl ethylen

RAS – Recirkulační akvakulturní systém

SOD – Superoxiddismutáza

SSI – Hmotnostní podíl sleziny

TBARS – Látky reagující s thiobarbiturovou kyselinou (thiobarbituric acid-reacting substances)

TL – Total long (celková délka)

TP – Celkové bílkoviny (Total Protein)

VSI – Hmotnostní podíl tuku

TRIG – Triglyceridy

W – weight (váha)

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá problematikou chovu candáta obecného (*Sander lucioperca*) v recirkulačním akvakulturním systému RAS v různých kyslíkových poměrech (50 – 80 % O-, 80 – 110 % Os a O+ 110 – 150 %). Candáti o  $W = 22,95 \pm 15$  g, byli nasazeni do dvou totožných recirkulačních systémů s rozdílnými teplotami vody (20 a 23 °C). Bylo hodnoceno: SGR, FCR, FC přežití a celkový zdravotní stav odchovávaných ryb v podobě hematologie, biochemie a stresových indikátorů. Výsledky prokázaly negativní vliv hypoxie (50 – 80 %) na příjem krmiva, růst a celkové přežití experimentálních ryb chovaných v tomto prostředí v obou recirkulačních systémech s teplotou vody 20 i 23 °C. U skupiny O- chované v RAS 20 °C byl prokázán vyšší koeficient FCR = 1,11. Mezi skupinami normoxie a hyperoxie nebyl zaznamenán signifikantní rozdíl ( $p \leq 0,05$ ). U zdravotního stavu byl zaznamenán signifikantní rozdíl ( $p \leq 0,05$ ) skupiny O- od skupiny O+ a O v RAS 20 °C při hodnocení TBARS (mozek, žábry a svalovina), při stanovení SOD v játrech, a GP<sub>x</sub> (mozek a svalovina). Stanovení procentních hmotnostních podílů HSI, SSI, VSI byly prokázány signifikantní rozdíly ( $p \leq 0,05$ ) HSI A VSI u skupin O+ a O.

**Klíčová slova:** okounovité, candát obecný, kyslík, RAS

## **Abstract**

This thesis deals with an issue of Zander (*Sander lucioperca*) production in a recirculating aquaculture system RAS in different oxygen rates (50 – 80 % O<sub>-</sub>, 80 – 110 % O<sub>s</sub> and O<sub>+</sub> 110 – 150 %). Zander weighted  $W = 22,98 \pm 15$  g was planted into two identical recirculating systems with different water temperature. SGR, FCR and FC of survival and general health condition of kept fish in hematology, biochemistry as well as stress indicators were evaluated. The results proved a negative influence of hypoxia (50 – 80 %) on the food reception, growth and general survival of experimental fish kept in this environment in both the recirculating systems with water temperature 20 and 23 °C. In the group O<sub>-</sub> kept in RAS 20 °C, higher coefficient of FCR = 1,11 was proved in comparison with group O (normoxia) and group O<sub>+</sub> (hyperoxia), where no significant difference ( $p \leq 0,05$ ) was recorded. The health condition showed a significant difference ( $p \leq 0,05$ ) of O group in comparison with group O<sub>+</sub> and O in RAS 20 °C during the TBARS evaluation (brain, gills, muscle), assessing SOD in liver, and GPx (brain and muscle). By determining the HSI, SSI and VSI indexes, the significant differences ( $p \leq 0,05$ ) of HSI and VSI for O<sub>+</sub> and O groups in comparison with O<sub>-</sub> were proved.

**Key words:** Percidae, Zander, oxygen, RAS, temperature