

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

**Bakalářská práce**  
**Vliv alternativních krmiv na růst, výtěžnost a  
senzorické vlastnosti masa lososovitých ryb**

**Autor:** Róbert Pflug

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

**Konzultant bakalářské práce:** Ing. Tomáš Zajíc

**Studijní program a obor:** Zootechnika 103; obor Rybářství

**Forma studia:** Prezenční

**Ročník:** Třetí

České Budějovice, 2013

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma **Vliv alternativních krmiv na růst, výtěžnost a senzorické vlastnosti masa lososovitých ryb** jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že, v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3.5.2013

Róbert Pflug

### **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu Ing. Janu Mrázovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Tomáši Zajícovi za cenné rady, připomínky a metodické vedení při řešení této práce. Rovněž děkuji své rodině a přátelům za podporu.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED:</b> .....	<b>8</b>
2.1	MASTNÉ KYSELINY A JEJICH PŮVOD .....	8
2.2	SPOTŘEBA RYB.....	13
2.3	SIVEN AMERICKÝ .....	14
2.4	VÝŽIVA A KRMENÍ LOSOSOVITÝCH RYB.....	16
2.5	AKVAKULTURA A JEJÍ ROZVOJ .....	16
2.6	ALTERNATIVY V KRMENÍ RYB.....	19
2.7	ÚČINKY NAHRAZENÍ RYBÍHO OLEJE V KRMIVU PRO LOSOSOVITÉ RYBY.....	24
2.8	SENZORICKÉ HODNOCENÍ MASA RYB.....	26
<b>3</b>	<b>METODIKA:</b> .....	<b>30</b>
3.1	PILOTNÍ PROJEKT.....	30
3.2	EXPERIMENTÁLNÍ DESIGN.....	30
3.3	ZAHÁJENÍ POKUSU .....	33
3.4	ODBĚR VZORKŮ A STANOVENÍ VÝTĚŽNOSTI .....	35
3.5	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	39
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY:</b> .....	<b>44</b>
4.1	ABIOTICKÉ FAKTORY .....	44
4.2	PRODUKČNÍ ÚDAJE.....	45
4.3	VÝTĚŽNOST .....	46
4.4	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	47
<b>5</b>	<b>DISKUZE</b> .....	<b>50</b>
5.1	PRODUKČNÍ ÚDAJE A VÝTĚŽNOST .....	50
5.2	SENZORICKÁ ANALÝZA .....	51
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM LITERATURY</b> .....	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>ABSTRACT</b> .....	<b>59</b>

# 1 ÚVOD

Rybí maso je vysoce žádaná a ceněná surovina. Zejména jako přírodní zdroj n-3 vysoce nenasycených mastných kyselin (n-3 HUFA), především kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosaheptaenové (DHA). Tyto omega 3 mastné kyseliny mají v lidské stravě nezastupitelnou úlohu, ať už v prevenci, či při léčbě kardiovaskulárních onemocnění (Simopoulos, 1999; Bell a kol., 2004; Mráz a kol., 2012; Kalač a špička, 2006; Vrablík, 2007; Adámková a kol., 2011). A proto jsou tyto esenciální mastné kyseliny zásadní složkou zdravé výživy.

Poptávka po rybím maso se trvale zvyšuje v důsledku rostoucího stavu lidské populace. Dle statistik FAO (2010) se úroveň ryb vylovených z volných vod pro potřeby trhu ovšem ustálila. Proto musí být požadavky na ryby a rybí produkty uspokojovány z produkčních chovů, jak uvádí Turchini a kol. (2009). Akvakultura se svou produkcí podílí téměř z 50% na celosvětové produkci ryb a vodních organismů určených pro lidskou konzumaci (FAO, 2010). Důsledkem zvyšující se poptávky se stává akvakultura nejrychleji se rozvíjejícím odvětvím zemědělství.

Tradičními komponenty pro výrobu krmiv pro lososovité ryby jsou rybí moučka a rybí olej. Ty se vyrábějí z odlovených pelagických druhů ryb nevhodných pro lidskou výživu. Lov ryb z oceánů ovšem balancuje na hranici trvale udržitelného užívání lovných míst. V důsledku nepříznivého vývoje ekologické situace dochází ke stagnaci ve výlovehy ryb (Pauly a Christensen, 1995; Sargent a Tacon, 1999). Tento „overfishing“ narušuje přirozené populace ryb, které díky překročeným limitům pro výlov nebudou moci do budoucna obnovit své stavy. V některých případech hrozí dokonce vymizení některých populací ryb (Sargent a Tacon, 1999). Ovšem poptávka po těchto limitujících krmných ingrediencích má stoupající tendenci a ta překoná ustálenou nabídku během několika let.

Je tedy nezbytné, aby byla rybí moučka a olej nahrazována alternativními krmivy. Rostlinné oleje, šroty a koncentráty jsou vhodnou možností v nahrazení tradičních krmných ingrediencí. Tyto alternativní ingredience by však mohly mít nepříznivý vliv na růstové schopnosti, výtěžnost, senzorické vlastnosti masa ryb a především na kompozici n-3 HUFA v maso ryb. Rostlinné oleje totiž běžně n-3 HUFA neobsahují.

Technologie „finishing feeding“ je jednou z možností, jak aplikovat novou alternativu do produkčního cyklu bez snížení nutriční hodnoty rybiho masa. Spočívá ve

využití rostlinných olejů v prvním období výkrmu. Požadované kvality masa se následně docílí předkládáním tradičních krmiv s rybím olejem několik týdnů před dodáním ryb na trh. Při použití technologie „finishing feeding“ lze pomocí ředícího modelu předpovědět s vysokou přesností kompozici mastných kyselin v tuku ryb (Picková a Morkore, 2007; Zajíc a kol., 2011; Mráz a kol., 2012).

Cílem této bakalářské práce je ověřit technologii „finishing feeding“ v chovu sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*). Analyzovat možné změny v důsledku nahrazení rybího oleje v krmné směsi olejem řepkovým v podmínkách českého pstruhařství. Zkoumá účinek řepkového oleje v krmné směsi na přežití obsádky, produkční účinnost krmiv, výtěžnost a senzorické vlastnosti masa ryb. V teoretické části této práce nastiňují problematiku zvyšujícího se nedostatku tradičních krmných ingrediencí (rybího oleje a moučky) na trhu.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED:

### 2.1 Mastné kyseliny a jejich původ

#### 2.1.1 Lipidy

Klouda (2005) definuje lipidy (z řeckého *lipos* = tuk) jako heterogenní skupinu látek, které jsou buďto nepolární jako celek, nebo v jejich struktuře nepolární celky převažují. Jedná se o různé tuky a oleje, některé vitamíny, hormony a neproteinové složky cytoplasmatických membrán buněk.

Lipidy jsou za běžných podmínek hydrofobní (nerozpustné ve vodě). Ochotně se ale rozpouští v nepolárních organických rozpouštědlech (Šípál a kol., 1992; Klouda, 2005). Funkce lipidů je především energetická (tuky a oleje), mechanická (ochrana vnitřních orgánů proti mechanickým podnětům z okolí, tepelně-izolační vlastnosti), stavební (fosfolipidy jsou základní stavební jednotkou buněčných membrán), regulační (eikosanoidy, steroidní hormony) atd. Významná vlastnost lipidů je i schopnost kumulace a rozpouštění vitaminů řad A (axeroftol), D (karciferoly), E (tokoferoly) a K (fytochinon).

#### 2.1.2 Mastné kyseliny – společná složka jednoduchých lipidů

Mastné kyseliny (MK) jsou organické kyseliny s dlouhým uhlíkatým řetězcem, které mají obecný vzorec  $\text{CH}_3(\text{C}_x\text{H}_y)\text{COOH}$ . Uhlíkatý řetězec může být buď nasycený ( $Y=2x$ ), nebo obsahuje ve své struktuře dvojnou vazbu mezi některými atomy uhlíků (nenasycené mastné kyseliny). Z hlediska výživy jsou mastné kyseliny nejvýznamnější složkou lipidů (Velíšek, 2002).

Nasycené mastné kyseliny (SFA – saturated fatty acid) nemají v řetězci dvojnou vazbu. Uhlíkatý řetězec není větvený (Kalač a Špička, 2006).

Nenasycené MK se dělí dle počtu dvojných vazeb v uhlíkatém řetězci. Mononenasycené MK (MUFA – monosaturated fatty acid) mají v řetězci jednu dvojnou vazbu. U polynenasycených MK (PUFA – polysaturated fatty acid) se vyskytují v řetězci 2 či více dvojných vazeb. Vysoce nenasyčené MK (HUFA – highly unsaturated fatty acid) jsou takové, jejichž uhlíkatý řetězec je tvořen dvaceti a více

atomy uhlíku a mají tři a více dvojných vazeb v řetězci (Sargent a kol., 2002).  
Nejběžnější MK jsou uvedeny v tab. 1.

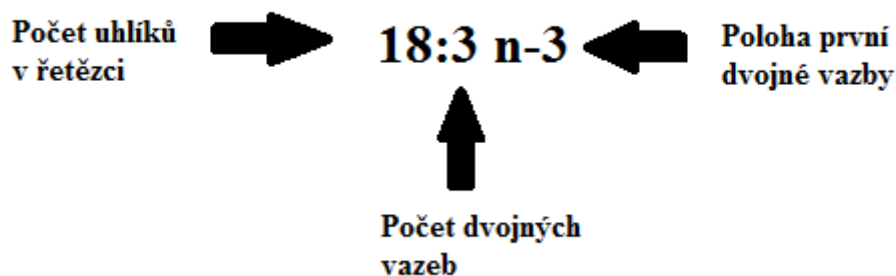
**Tab. 1:** Zařazení a pojmenování nejběžnějších mastných kyselin (Převzato od Huolihan a kol., 2001)

Triviální název	Počet uhlíků v molekule	Počet dvojných vazeb	Řada MK	Těsnopisný záznam
<b>Nasycené mastné kyseliny (SFA)</b>				
k. laurová (dodekanová)	12	0		12:0
k. palmitová (hexadekanová)	16	0		16:0
k. stearová (oktadekanová)	18	0		18:0
<b>Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA)</b>				
k. palmitolejová (hexadecenová)	16	1	(n-7)	16:1 (n-7)
k. olejová (oktadecenová)	18	1	(n-9)	18:1 (n-9)
k. behenová (dokosanová)	22	1	(n-9)	22:1 (n-9)
<b>Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)</b>				
k. linolová (oktadienová)	18	2	(n-6)	18:2 (n-6)
k. $\gamma$ - linolenová (oktadekatrienová)	18	3	(n-6)	18:3 (n-6)
k. $\alpha$ - linolenová (oktadekatrienová)	18	3	(n-3)	18:3 (n-3)
<b>Vysocenasycené mastné kyseliny (HUFA)</b>				
k. arachidonová (eikosatetraenová)	20	4	(n-6)	20:4 (n-6)
EPA (eikosapentaenová)	20	5	(n-3)	20:5 (n-3)
DHA (dokosaheptaenová)	22	6	(n-3)	22:6 (n-3)

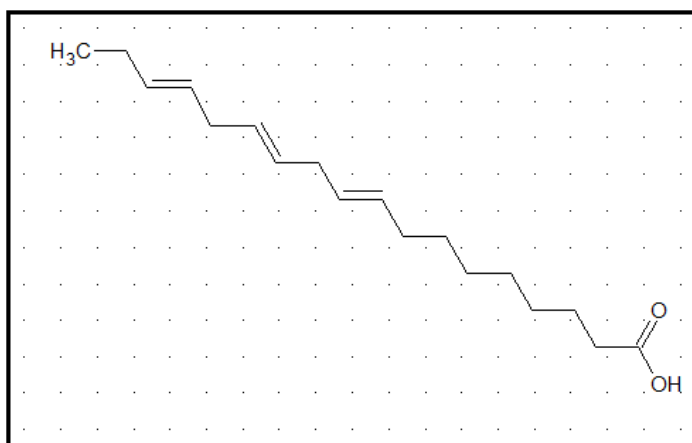


Obr. 1 znázorňuje schéma zkráceného zápisu kyseliny  $\alpha$ -linolenové. Strukturální vzorec této kyseliny je ilustrován Obr. 2.

**Obr. 1:** Schéma zápisu vzorce mastné kyseliny (převzato ze Zajíce a kol., 2011)



**Obr. 2:** Vzorec  $\alpha$ -linolenové kyseliny (Vytvořeno programem ChemSketch)



### 2.1.3 Biosyntéza MK

SFA se syntetizují v organismu z acetyl CoA (koenzym A). Řetězec MK se při každém cyklu prodlouží o 2 atomy uhlíku. Syntéza se zastaví po dosažení 16 – 18 atomů uhlíku v řetězci. Všechny organismy jsou schopny syntetizovat SFA a z nich vložením jedné dvojně vazby MUFA. Rostliny jsou dále schopné vložením dalších dvojných vazeb syntetizovat PUFA. Živočichové ovšem nejsou schopni ukládat dvojně vazby v určitých pozicích (n-3 a n-6). Oproti rostlinám není člověk, včetně dalších živočichů, schopen syntetizovat kyselinu linolovou (LA, 18:2n-6) a kyselinu  $\alpha$ -linolenovou (ALA, 18:3n-3), jsou pro něj tedy esenciální a musí je tudíž přijímat

v potravě. Tyto dvě esenciální kyseliny mohou být dále pomocí enzymů elongáz (prodlužování řetězce) a desaturáz (zvyšování počtu dvojných vazeb) přeměňovány na HUFA (Velíšek, 2002). Nejvýznamnější z těchto MK jsou kyselina eikosapentaenová (EPA) a kyselina dokosaheptaenová (DHA). Biotransformační pochody probíhající v lidském organismu popisuje Tab. 2. Tento proces probíhá v matrixu mitochondrií a endoplasmatickém retikulu buňky.

**Tab. 2:** Schéma metabolismu esenciálních mastných kyselin v lidském organismu (adaptováno z Velíšek, 2002)

Řada n-6	Struktura	Funkční enzym	Struktura	Řada n-3
linolová (LA)	18:2		18:3	α-linolenová (ALA)
	↓	Δ-6- desaturáza	↓	
γ-linolová (GLA)	18:3		18:4	oktadekatrienová (stearidonová)
	↓	elongáza	↓	
dihomo-GLA	20:3		20:4	eikosatetraenová
	↓	Δ-5-desaturáza	↓	
arachidonová (AA)	20:4		20:5	eikosapentaenová (EPA)
	↓	elongáza	↓	
adernová	22:4		22:5	dokosapentaenová (DPA)
	↓	elongáza	↓	
tetrakosatetraenová	24:4		24:5	tetrakosapentaenová
	↓	Δ-6-desaturáza	↓	
tetrakosapentaenová	24:5		24:6	tetrakosaheptaenová
	↓	β-oxidace	↓	
dokosapentaenová	22:5		22:6	dokosaheptaenová (DHA)

Katalyzující enzymy při desaturaci a elongaci řetězce obou řad MK jsou stejné, podle Williams a Burdge, (2006) však probíhají ochotněji biochemické pochody v řadě n-3.

U dospělých lidí je biokonverze na EPA nízká (kolem 8%), DHA se stačí přeměnit jen v nepatrném množství a proto se doporučuje přijímat n-3 HUFA přímo v potravě. Na

aktivitě enzymu  $\Delta$ -6-desaturázy se podílí rovněž mnoho faktorů, jako např. přítomnost věk konzumenta, výskyt virové infekce a stresových faktorů, konzumace alkoholu, nedostatek vitamínu skupiny B (pyridoxin, biotin), či nedostatek některých mikro a makroprvků (zinku, hořčíku, či vápníku) (Williams a Burdge, 2006).

#### 2.1.4 Mastné kyseliny v lidské stravě

Za zdravotně problematické jsou považovány kyselina laurová (12:0), myristová (14:0) a palmitová (16:0), jež se mohou do značné míry podílet na vývoji arteriosklerózy, čili cévních onemocnění.

Posuzovány jako zdravotně neutrální až příznivé jsou kyseliny stearová (18:0) a olejová (18:1n-9). Kyseliny LA s ALA jsou pro člověka esenciální a musí je v dostatečném množství přijímat v potravě. Mají pozitivní vliv na snižování cholesterolu v krvi.

V posledních letech je prováděno mnoho studií zaměřených na vliv MK na lidské zdraví (Simopoulos, 1999; Vrablík, 2007). Příznivé účinky n-3 MK, především n-3 HUFA, jsou významné v sekundární prevenci ischemické choroby srdeční (ICHS), revmatoidní artritidy, ulcerózní kolitidy, Crohnovy nemoci a chronické obstrukční plicní nemoci (Williams a Burdge, 2006).

Tyto kyseliny působí v kardiovaskulárním systému jako hypolipidemika, tzn., že snižují koncentraci cholesterolu, a vazodilatika - pomáhají rozšiřovat cévy, tudíž zmenšují zátěž oběhového systému. Dále přispívají v organismu k lepším antiinflamačním (protizánětlivým) antitrombotickým (zabraňování vzniku krevních sraženin) antiarytmickým (proti poruchám srdečního systému) účinkům. N-3 HUFA jsou rovněž nezbytné v raném vývoji nervového systému u dětí (FAO, 2010).

Důležité je rovněž poměrové zastoupení n-6 a n-3 v lidské stravě. Simopoulos (1999) reaguje na neúměrně se vyvíjející poměr MK řad n-6 a n-3 přijímaných ve stravě člověka za posledních 100 - 150 let. Poměr přijímaných MK řady n-6 a n-3 by se měl pohybovat v optimu 1-2:1. Dnešní poměr MK n-6 ku n-3 je vysoký, až 20-30:1 (Simopoulos, 1999). Dodržením správného poměru těchto řad MK ve výživě lze preventivně předcházet chronickým projevům chorob. Právě tento poměr dle Pickové (2009) ovlivňuje schopnost biokonverze ALA na HUFA.

Adámková a kol. (2011) zkoumala léčivé účinky masa kapra se zvýšeným obsahem n-3 MK na pacienty po operaci srdce. První skupině pacientů byla předkládána klasická lázeňská dieta. V dietě druhé skupiny bylo zahrnuto maso kapra 2x týdně/200 g porci. Parametry plasmatických lipidů byly již po 4 týdnech významně lepší u pacientů konzumující kapří maso.

EFSA (2010) doporučuje pro dospělého člověka denní příjem 250 mg EPA + DHA, 2g ALA, 10g LA. Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) doporučuje konzumovat 2 porce ryb týdně.

## 2.2 Spotřeba ryb

### 2.2.1.1 *Spotřeba ryb v České republice*

Spotřeba ryb v České republice se drží oproti ostatním členským státům EU dlouhodobě na nízké úrovni (Vácha a Buchtová, 2005). Tab. 3 uvádí spotřebu ryb na jednoho obyvatele ČR. Ta se ustálila na hodnotách okolo 5,5 kg/os/rok.

**Tab. 3:** *Spotřeba ryb v ČR na jednoho obyvatele v kilogramech za rok (Mze, 2011)*

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ryby celkem	5,4	5,4	5,3	5,5	5,8	5,7	5,8	5,5	5,5
Z toho ryby sladkovodní	0,9	0,91	*1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4

\*Od roku 2003 jsou započteny kromě ryb získaných chovem i úlovky z volných vod

### 2.2.1.2 *Spotřeba ryb ve světě*

Ryby nejsou v ČR tak významnou potravinou jako v jiných, především přímořských státech EU (Vácha a Buchtová, 2005; Tab. 4). Spotřeba ryb dle FAO (2010) činí pro rok 2008 na jednoho ekvivalentního obyvatele 17 kilogramů ryb živé hmotnosti. A to v rostoucím trendu. Simopoulos (1999) uvádí, že rostoucí zájem o rybí maso je dán jeho vysokou nutriční hodnotou. Maso je ceněno především jako ojedinělý zdroj n-3 PUFA, jódu a vitamínů.

**Tab. 4:** Spotřeba ryb některých zemí EU na jednoho obyvatele v kilogramech na rok (Převzato z Váchy a Buchtové, 2005)

Země	Spotřeba
Portugalsko	57
Španělsko	39
Německo	12
Rakousko	10

### 2.3 Siven americký

Siven americký (*Salvelinus fontinalis*) je v České Republice druh nepůvodní. Jedná se o cíleně introdukovanou lososovitou rybu pocházející ze Severní Ameriky. Společně se pstruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*) měl obohatit ichtyofaunu pstruhových vod. Tyto dva druhy v našich podmínkách nejsou schopny vytvořit stabilní populace (Hanel a Lusk, 2005). Siven je odolný vůči nízkým hodnotám pH (většinou až pH 4-5). Vědeckou klasifikaci shrnuje Tab. 5.

**Tab. 5:** Taxonomické zařazení Sivena amerického (podle Gaislera a Zimy, 2007)

Taxon	Český název	Latinský název
Říše	Živočichové	<i>Animalia</i>
Kmen	Strunatci	<i>Chordata</i>
Podkmen	Obratlovci	<i>Vertebrata</i>
Nadtřída	Čelistnatci	<i>Gnathostomata</i>
Třída	Paprskoploutví	<i>Actinopterygii</i>
Řád	Lososi	<i>Salmoniformes</i>
Čeleď	Lososovití	<i>Salmonidae</i>
Rod	Siven	<i>Salvenius</i>
Binomické jméno	Siven americký	<i>Salvenius fontinalis</i> (Mitchill, 1814)

Dovezená prošlechtěná forma (Si<sub>64</sub>) v roce 1964 byla určena právě k intenzivnímu odchovu (Kouřil a kol., 2008).

Siven americký (Obr. 3) dorůstá běžně do délky kolem 30 – 40 cm a hmotnosti 0,5 – 1 kg. Hlava klínovitá s vysoce rozeklanými ozubenými čelistmi, spodní okraj čelisti je bělavý. Břicho je žlutobílé až načervenalé. Zbarvení těla šedozelené s tmavším hřbetem. Po celém těle je množství rumělkově červených skvrnek, četné jsou i světlé

okrouhlé skvrny na bocích. Ploutve mají klasické postavení. Na bázi hřbetní ploutve je vlnkovitá načernalá kresba. První tvrdé ploutevní paprsky ploutví břišních a prsních a ploutve řitní jsou krémově bílé. Tuková ploutvička, nacházející se mezi ploutví hřbetní a ocasní, je šedavá a ocasní ploutev při okraji temně skvrnitá. Typickým znakem pro sivena je právě meandrovitá kresba zřetelná převážně na hřbetní části. Cykloidní šupiny jsou drobné a zanořené do kůže (Hanel a Lusk, 2005).

Umělý výtěr probíhá na podzim a pomocí suché metody (Kouřil a kol., 2008). Fertilita (plodnost) jiker se tak blíží i 99 %.

**Obr. 3:** *Siven americký pocházející z produkčního chovu*



## 2.4 Výživa a krmení lososovitých ryb

V podmínkách ČR je produkce tržních lososovitých ryb plně intenzifikována. Tyto druhy intenzivní akvakultury zároveň patří k živočichům nejnáročnějším na kvalitu krmiv. Předpokladem úspěšného odchovu je dostatečný přísun živin v krmivech (Pokorný a kol., 1998).

**Tab. 6:** *Vhodný obsah živin v krmné směsi pro tržní lososovité ryby v procentech a velikost částic (podle Kouřila a kol., 2008)*

Živina	[%]
Proteiny	38,0 – 48,0
Lipidy	13,0 – 27,0
Vláknina	0,7 – 2,4
Popeloviny	5,5 – 11,3
	[mm]
Velikost částic	2,0 – 6,0

## 2.5 Akvakultura a její rozvoj

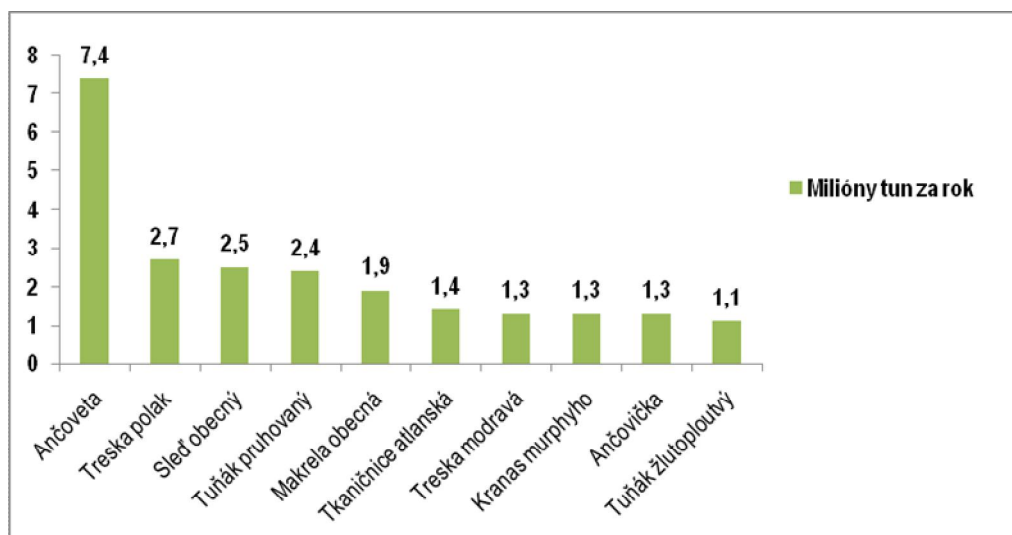
Podle statistik FAO (2010) se množství odlovených ryb z volných vod od roku 1980 trvale nezvyšuje. V důsledku rostoucího počtu lidské populace poptávka po rybách ovšem roste. Vyšší nároky proto musí být uspokojovány z chovů (Giovanni a kol., 2009; Picková a Morkore, 2007). Giovanni a kol. (2009) uvádí, že produkce z akvakultury stoupá až o 8,8% za rok.

Globální vzestup v produkci rybího masa pocházejícího z akvakultury uvádí FAO (2010). Za rok 2008 tyto statistiky uvádí 142 milionů tun celkové produkce. Z akvakultury pochází téměř 50% celkové produkce ryb určených pro lidskou konzumaci (Turchini a kol., 2009). Akvakultura se svou produkcí stává nejrychleji rostoucím sektorem potravinářského průmyslu na světě (Picková a Morkore, 2007; Sargent a Tacon, 1999).

## 2.5.1 Rybí moučka a oleje – vzrůstající nedostatek na trhu

Rybí moučka je vysoce výživné krmivo a v akvakultuře slouží jako zdroj vysoce kvalitních a dobře stravitelných bílkovin. Je rovněž bohatým zdrojem vitamínů a minerálů (Sargent a Tacon, 1999; Cho a Kim, 2010). Rybí olej je v krmivu významným zdrojem n-3 HUFA, především EPA a DHA. Tyto tradiční krmiva splňují všechny potřebné nutriční požadavky pro růst ryb. Dodávka rybí moučky a rybího oleje pro potřeby akvakultury je z velké části závislá na odlovu pelagických druhů ryb (Picková a Morkore, 2007; Graf 1).

**Graf 1:** Nejčastěji lovené druhy ryb pro výrobu rybí moučky a rybího oleje (Adaptováno podle FAO, 2011)



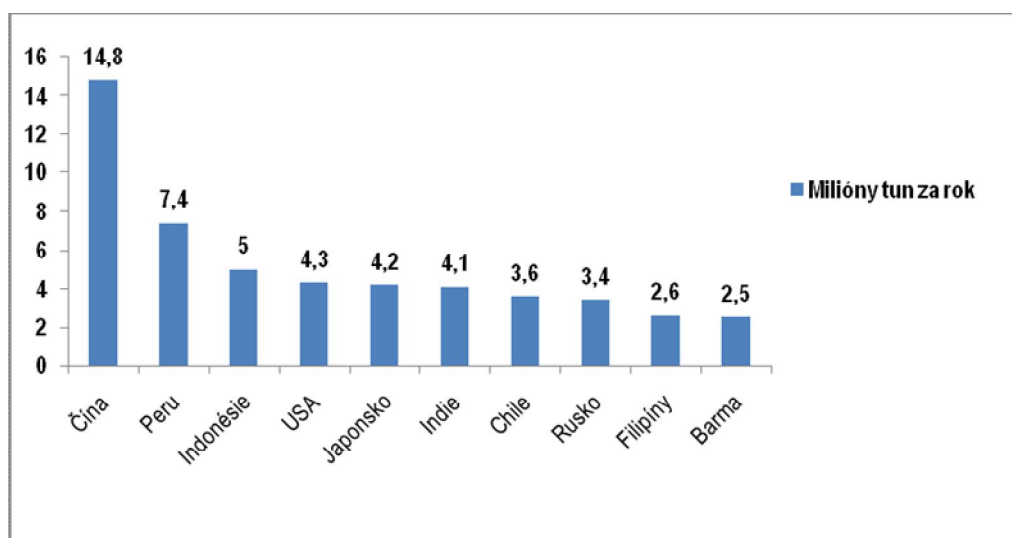
Intenzivní způsob výroby rybího masa je pořád závislejší na dodávce rybí moučky a olejů coby základních komponentů pro výrobu krmiv. V posledních letech se cena za tyto produkty (krmiva) zvyšuje a tím ohrožuje ekonomiku chovů. Při výrobě i aplikaci těchto krmiv se hledají alternativy, které by zvyšující optávku uspokojily (Picková a Morkore, 2007; Sargent a Tacon, 1999).



### 2.5.1.1 Overfishing

Overfishing (přelovování) nastává v důsledku nadměrného rybolovu, kdy dojde ke snížení stavu přírodních populací ryb pod přijatelnou úroveň. V tomto případě se trvalé narušení ekosystému zpět k původnímu stavu navrací velmi obtížně a mnohdy se to i nemusí po letech úsilí podařit (Pauly a Christensen, 1995; Sargent a Tacon, 1999). Graf 2 znázorňuje 10 největších států z pohledu ryb získaných odlovem ve volných vodách.

**Graf 2:** 10 nejvýznamnějších států – odlov ryb v roce 2008 (FAO, 2011)



Sargent (1997) uvádí, že některým komerčně loveným druhům ryb hrozí reálně vyhynutí, pokud devastované populace nebudou doplněny z chovů. Turchini a kol. (2009) poukazují na ustálenou roční produkci rybiho oleje za posledních 25 let nad 1 500 000 tun ročně.

Vzhledem k dramatickým scénářům mořských zdrojů se rostoucí akvakultura nemůže na lov mořských pelagických ryb v plné míře spoléhat. Turchini a kol. (2009) rovněž upozorňují na vyšší nároky na akvakulturu z pohledu zásobování ryb a mořských plodů v důsledku neudržitelných metod rybolovu na volných vodách. Sargent a Tacon (1999) uvádějí, že v důsledku stagnace, či poklesu globálního rybolovu a zvýšení poptávky po tradičních krmivech jejich cena narůstá.

### ***2.5.1.2 Rostoucí cena tradičních krmiv***

Statistiky FAO (2011) poukazují na zvyšující se cenu rybího oleje v posledních letech (2009 - 2010) v Nizozemí. Ve srovnání s rokem 2008 byl zaznamenán pokles nákupu až o 100 000 tun. FAO (2011) uvádí, že cena rybího oleje vzrostla v roce 2010 oproti roku 2009 o 50%.

## **2.6 Alternativy v krmení ryb**

### **2.6.1 Obnovitelné zdroje krmných olejů**

#### ***2.6.1.1 Živočišné tuky***

Produkce těchto tuků spočívá ve využití vedlejších produktů živočišné výroby, jako je například sádlo (vyškvařené tuky z prasat a skotu), drůbeží tuk a lůj. V roce 2006 se výroba živočišných olejů rovnala 15 milionům tun (Turchini a kol., 2009). Cena navíc za posledních 5 let zůstala relativně konstantní. Tyto tuky jsou k dispozici jako nejlevnější zdroj lipidů pro akvakulturní průmysl. Nicméně tyto tuky obsahují velké množství zdravotně nepříznivých SFA a mají minimální obsah n-3 MK. Pokud není dle Turchini a kol. (2009) nahrazen rybí olej živočišným více než 50% v dietě, neměly by se projevit negativní dopady na růstovou schopnost ryb.

#### ***2.6.1.2 Vedlejší produkty z výroby***

Turchini a kol. (2009) referuje o „recyklaci“ odpadů, zejména zbytků ze zpracování vodních organismů (rybí hlavy, játra a střeva, kosti, krev a kůže), které byly dříve likvidovány bez užitku. Z těchto zbytků se dnes efektivně separuje jak rybí moučka, tak oleje (např. z vnitřností). Podle Turchini a kol. (2009) mají tyto alternativy vysokou nutriční hodnotu jako doplňkový zdroj pro akvakulturu, zejména po stránce obsahu n-3 HUFA. Produkty vedlejšího rybolovu, např. krillový, či chobotnicový olej jsou navíc bohatým zdrojem fosfolipidů a karotenoidů.

### 2.6.1.3 Nové alternativní zdroje n-3 HUFA

Dále se Turchini a kol. (2009) zmiňuje o nových alternativních zdrojích n-3 HUFA v krmivu pro akvakulturní průmysl v podobě olejů separovaných z jednobuněčných řas, bentických pelagických organismů a bentických bezobratlých živočichů.

Úspěšné testy proběhly v několika studiích na mikroskopických řasách (např. *Schizochytrium sp.*, *Cryptocodinium cohnii* a *Phaeodactylum tricorutum*) a jejich nutričním vlivem na pražmanu zlatém (*Sparus aurata*, L.). Tím se zabývali Ganuza a kol. (2008). Ve výkrmném pokusu byly použity řasy kultivované ve sterilních podmínkách. Proto je možné mikrořasy dodávat pro akvakulturu v konstantní kvalitě a pravidelnou dodávkou i zmenšit procento nároků na pelagický odlov. Zahrnutí uvedených řas se v pokusu Ganuzy a kol. (2008) u larev projevilo dosažením stejné hladiny DHA, jakou měly larvy krmené olejem rybím.

Dobrych výsledků bylo dosaženo v testech na lososovi. Olej získaný z buchank řádu Vznášivek (*Calanoida*) – *Calanus finmarchicus* se jevil jako efektivní náhrada v jeho stravě. V celosvětovém měřítku však nelze uvažovat o jeho zavedení vlivem velkých výrobních nákladů a nepředvídatelné dodávky těchto korýšů, jak uvádí Turchini a kol. (2009).

Olej získaný především z Hadince – *Echium sp.* z čeledi brutnákovitých rostlin (*Boraginaceae*) je bohatý na kyselinu stearidonovou (18:4n-3) a mohl by být zajímavým alternativním olejem pro krmiva.

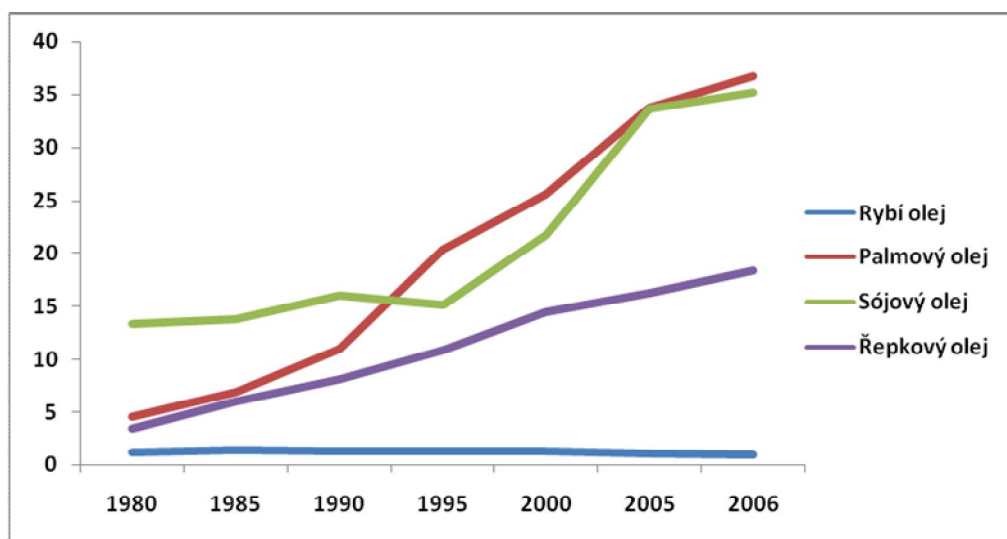
Jednou z alternativ je i použití olejů ze semen geneticky upravených rostlin (GMO). V rámci Evropy je ovšem takový olej (jako každý jiný GMO organismus) obohacený touto cestou o n-3 HUFA považován za hrozbu pro životní prostředí a lidské zdraví. A to i přes dobré výsledky ve výzkumu těchto plodin Turchini a kol. (2009).

#### 2.6.1.4 Rostlinné oleje v akvakultuře

Produkce rybího oleje zůstala během posledních třiceti let stabilní. Výroba olejů rostlinného původu se ovšem zvyšuje. Graf 3 promítá vzestup produkce vybraných druhů rostlinných olejů v porovnání s olejem vyrobeným z ryb. Robert (2006): „Zemědělská výroba olejů je vysoce účinná a má potenciál být udržitelná“. Rostlinné oleje jsou snadno dostupné za cenu, jež je trvale nízká.

Pro výrobce krmiv a spotřebitele se stávají pořád atraktivnějšími (Jobling, 2004, Turchini, 2009). Aby mohla být akvakultura pro budoucí nároky na krmiva udržitelná, bude v budoucích letech nezbytné větší začlenění těchto alternativ do krmiv (Picková a Morkore, 2007)

**Graf 3:** Rostoucí trend výroby rostlinných olejů v miliónech tun v letech 1980 – 2006 ve srovnání s produkcí rybího oleje (Turchini a kol., 2009)



Rostlinné oleje jsou bohaté na MUFA a n-6 MK. Některé rostlinné oleje, jako např. lněný, řepkový, konopný, jsou dále bohatým zdrojem n-3 MK. Nutno však podotknout, že se jedná pouze o 18 uhlíkaté n-3 kyseliny a že neobsahují žádné n-3 HUFA.

V posledních letech bylo u lososovitých ryb provedeno mnoho studií, kde byl rybí olej nahrazen oleji rostlinnými, nebo jejich směsí. Většinou monitorovaly dopady na kompozici mastných kyselin za přítomnosti alternativních olejů v krmivu jako je řepkový a lněný (Picková a Morkore, 2007).

Tab. 7 znázorňuje druhy rostlinných olejů upotřebitelných v akvakultuře dle zastoupení PUFA. Vysoký podíl n-3 MK mají druhy olejů vypsáné v tabulce nad dvojčarou. Picková a Morkore (2007) ovšem uvádí, že vliv nahrazení rybího oleje rostlinným je snadno rozpoznatelný z hlediska kompozice MK. Mnohé studie se shodují na tom, že tyto alternativní oleje mají negativní dopad na poměrové zastoupení n-6/n-3 v tuku ryb. V případě nahrazování rybího oleje v krmné směsi rostlinným je důležité z hlediska mastných kyselin formulovat poměry SFA, MUFA a PUFA (Turchini a kol., 2009).

**Tab 7:** Rostlinné oleje vhodné pro akvakulturu (podle Pickové a Morkore, 2007)

Olej	% n-3	Poměr n- 6/ n- 3
Lněný	60	0,2
Konopný	22	2,5
Řepkový	13	2
Sójový	8	7
Olivový	1	8
Palmový	0,5	20
Kukuřičný	1	60
Bavlníkový	0	> 100
Slunečnicový	0,5	> 100

## 2.6.2 Technologie finishing feeding

Technologie „finishing feeding“ (konečný, závěrečný výkrm) je jednou z možností, jak zabezpečit vysokou nutriční hodnotu rybího masa a zároveň snížit závislost na dodávce rybího oleje (Zajíc a kol., 2011).

V průběhu většiny výkrmu je rybám předkládáno krmivo obsahující rostlinné oleje. V krmné směsi může být zahrnut jeden druh oleje, či jejich směs. Několik týdnů či měsíců před zpracováním a uvedením na trh jsou ryby krmené opět směsí s tradičním rybím olejem, čímž dojde k částečnému nebo úplnému obnovení hodnot n-3 HUFA ve svalovině ryb (Zajíc a kol., 2011).

Při této technologii lze pomocí ředícího modelu s vysokou přesností předpovědět změny v kompozici mastných kyselin (Jobling, 2004). Díky tomu lze efektivně spočítat dobu potřebnou k dosažení požadovaných hodnot n-3 HUFA v tuku ryb (Obr. 3).

**Obr. 3:** *Matematický ředící model pro předpověď MK (Jobling, 2004)*

$$P_T = P_K + \frac{(P_0 - P_K)}{(Q_T / Q_0)}$$

Kde:

$P_T$	[%]	předpověď zastoupení MK ve filetu ryby v čase T
$P_K$	[%]	MK ve filetu kontrolní ryby v čase T
$P_0$	[%]	MK ve filetu ryby před začátkem fáze „finishing feeding“
$Q_T$	[kg; %]	součinitel hmotnosti ryby a obsahu tuku ve filetu ryby v čase T
$Q_0$	[kg; %]	součinitel hmotnosti ryby a obsahu tuku ve filetu ryby před začátkem „finishing feeding“

Technologie finishing feeding byla experimentálně vyzkoušena v podmínkách ČR na kapru obecném (*Cyprinus carpio* L.) Mrázem a kol. (2012).

## **2.7 Účinky nahrazení rybího oleje v krmivu pro lososovité ryby**

### **2.7.1 Vliv na růst a výtěžnost ryb**

Bell a kol. (2004) nepozoroval negativní vliv lněného oleje na růstové parametry při výkrmu lososa atlantského (*Salmo salar*). Testováno bylo pět experimentálních skupin ryb, kterým byl podáván lněný olej (LO) v různých poměrech s rybím olejem (FO) v krmné směsi (100% LO, 75% LO, 50% LO, 25% LO, kontrola – 0% LO, tedy 100% FO) počátečních 40 týdnů. Na zbývajících 24 týdnů byly ryby krmeny pouze rybím olejem (finishing feeding). Pro žádnou ze skupin ryb nebyly zaznamenány odchylky v jejich růstu. Bell a kol. (2004) uvádí, že energetické požadavky na růst lososa můžou splňovat i alternativní oleje v krmivu.

Bell a kol. (2002) testoval vliv palmového oleje (PO) v na konverzi krmiva a růst lososa (100% FO:0% PO (0% PO, kontrola); 75% FO:25% PO (25% PO), 50 % FO:50% PO (50% PO) a 100% PO:0% FO). Ryby byly krmeny směsí palmového a rybího oleje (FO) ve směsi, nebo pouze palmového oleje směsi. Nepozoroval žádné negativní účinky na produkční údaje ani zdravotní stav ryb.

Donsanjh a kol. (1998) studoval nahrazení rybího oleje řepkovým a lněným olejem v chovu lososa. Výsledky naznačovaly, že olej extrahovaný z řepky by mohl být obsažen až v zastoupení 47% lipidů v krmení ryb, bez vlivu na růstovou schopnost ryb.

Vliv částečného nahrazení rybího oleje kukuřičným v krmivu (z 52%) pro pstruha obecného (*Salmo trutta* L.) posuzoval Arzel a kol. (1993). Maso ryb krmených směsí s kukuřičným olejem se odlišovalo profilem MK od masa ryb krmených směsí s rybím olejem. Na růst ryb ovšem kukuřičný olej v krmivu vliv neměl.

Guillou a kol. (1995) zkoumali vliv řepkového a sójového oleje v krmné směsi na přežití obsádky a růstovou schopnost sivena amerického (podíl řepkového oleje v krmné směsi: 11%). V krmných koeficientech se signifikantně posuzované skupiny ryb neodlišovaly.

Jak shrnuje Turchini a kol. (2009), alternativní rostlinné oleje používané pro výkrm lososovitých mohou nahrazovat v průběhu výkrmu až 60-75% rybího oleje. Aniž by ovlivnily produkční účinnost krmiva či schopnost příjmu krmiva pro ryby v průběhu výkrmu. Pro potřeby tržního odchovu lososa a pstruha duhového se ročně spotřebuje 66,4% roční světové produkce rybího oleje. Nahrazením tradičních krmiv tak lze ušetřit velké množství finančních prostředků (Turchini a kol., 2009).

## 2.7.2 Vliv na senzorické vlastnosti masa ryb

Guillou a kol. (1995), porovnávali senzorické vlastnosti masa skupin sivena amerického po 9 týdnech (63 dnech) výkrmu s různými oleji. Svalovina ryb odchovaných na dietě s řepkovým olejem byla hodnocena z hlediska preferencí parametrů „intenzity chuti“ a „pevnosti“ lépe než ryby krmeny tradičním rybím olejem. Nutno ovšem říci, že signifikantně se hodnoty senzorických analýz oproti masu ryb odkrmených tradičními technologiemi pomocí rybího oleje ve směsi neodlišovaly. Dieta založená na náhradě sójového oleje se statisticky lišila, obstála hůře.

U pstruha obecného posuzoval vliv alternativních olejů na organoleptické Tuchini a kol. (2003). Po 70 dnech výkrmu směsí s alternativními oleji obstálo v senzorické analýze nejlépe maso ryb krmených s rybím, živočišným a drůbežím olejem ve směsi. Řepkový olej v hodnocení zaostal.

Torstersen a kol. (2005) prováděli testy na senzorické vlastnosti masa ryb dvakrát. Směs rostlinných olejů (složená z olejů řepkového, palmového a lněného) byla v krmné směsi zastoupena ze 75% nebo 100%. Jako kontrola sloužila skupina ryb krmená tradičním rybím olejem. Prvně před zahájením finishing feedingu. Svalovina ryb odchovaných směsí obsahující rybí olej obstála ve všech posuzovaných parametrech masa lépe. Ovšem po dokončení úpravy (přechod na dietu s rybím olejem u všech skupin ryb) rozdíly mezi masem ryb nebyly statisticky průkazné.

Hardy a kol. (1978) rovněž nezaznamenal změnu senzorických vlastností u lososa krmeného krmivem s různými oleji. Tradiční rybí olej byl v krmivu zastoupen 37%. Směs byla dotukována buď rybím (kontrola), sójovým olejem nebo živočišným olejem (lůj). V hodnocení nebyl prokázán mezi masem ryb krmenými směsí s rybím nebo sójovým olejem signifikantní rozdíl.

Vliv sójového oleje v krmivu pro tresku obecnou (*Gadus morhua* L.) zkoumali Morkore a kol. (2007). Senzorické analýzy na pevnost a mezerovitost masa neprokázaly negativní efekt nahrazovaného rybího oleje. Po dobu 57 dní byly tresky krmeny směsí buď jen s rybím, nebo řepkovým olejem v krmivu. Následně (na zbývajících 27 dní) přešla skupina krmená rostlinným (řepkovým) olejem ve směsi opět na dietu obsahující tradiční rybí olej.



## **2.8 Senzorické hodnocení masa ryb**

### **2.8.1 Senzorická analýza**

„Senzorické“, či „organoleptické“ vlastnosti vlastnosti jsou takové, které je schopen člověk vnímat svými smysly (vjemy). Ingr a kol. (1997) uvádí, že se senzorická jakost především opírá o zpracované vjemy centrální nervové soustavy.

Senzorická analýza je tedy cílevědomé získávání a posuzování senzorických ukazatelů, pomocí lidských smyslů. „Senzorická analýza je základní a nejspolehlivější metodou vyhodnocení výzkumné kvality i čerstvosti ryb“- Vejsada a Vácha (2010).

#### ***2.8.1.1 Uplatnění senzorické analytiky v akvakultuře***

V procesu zpracování potravin je nezbytné zajištění zdravotní nezávadnosti rybího produktu. Ryby jsou rychle se kazící surovina a s tím souvisí i riziko pro zpracovatele či spotřebitele. Senzorickou analýzou lze posoudit bezpečnou dobu skladování vůči jednotlivým technologickým postupům ve zpracování ryb (Vejsada a Vácha, 2010).

Senzorickou analýzou nehodnotíme pouze chuť, ale jak popisují Vejsada a Vácha (2010), tak i vzhled, vůni, či texturu.

## 2.8.2 Proces smyslového vnímání

Proces smyslového vnímání shrnuje Ingr a kol. (1997) v šesti stupních:

1. Vnější podnět (stimul).
2. Vznik vzruchu vyvolaný reakcí s receptory smyslového vnímání.
3. Vnitřní podnět, neboli zesílení vzruchu a jeho transport nervovými drahami do centrální nervové soustavy (dále CNS).
4. Vznik počitků – zpracování impulzu v CNS.
5. Vznik komplexního vjemu zpracováním počitků. Zde mají na hodnotu vjemu vliv dosavadní zkušenosti a společenské souvislosti.
6. Sensorická jakost. Vzniká komplexní odpověď všech vjemů, které se při hodnocení výrobku zapojily.

Charakter vjemů se projevuje zprva komplexně a teprve potom různými detaily. Každý obecně nejprve hodnotí příjemnost (hédonické hodnocení) a poté její intenzitu (intenzivní hodnocení). Ve většině případů k hodnocení intenzity nedochází (Ingr a kol., 1997). Člověk jako hodnotitel vystupuje ve dvou úlohách: Získává při testu vnitřní podnět a nevědomě ho zpracovává (na rozdíl od přístrojů). Metody sensorické analýzy jsou z tohoto důvodu řazeny mezi metody psychologické.

### 2.8.2.1 Smyslové orgány a sensorická analýza

Člověk nedisponuje pouze pěti smyslovými orgány, jak se většinou uvádí, je schopen ale hodnotit vjemy celou řadou orgánů (Ingr a kol., 1997; Vejsada a Vácha, 2010). Ingr a kol. (1997) ale z počtu několika desítek až stovek těchto receptorů uvádí jen na několik z nich, upotřebitelných ke zkoumání organoleptických vlastností.

Neumann a kol. (1990) referuje o schopnosti smyslů přizpůsobit se intenzitě projevu vjemu tím, že práh citlivosti upraví na potřebnou hladinu, aby se vjem dostatečně projevil. U nepatrného vzruchu odpověď zesílí a opačně se smysly reaguji v případě přílišné energie podnětu.

### 2.8.2.2 *Chuť*

Rozeznávané jsou 4 základní chutě, vnímané jinou částí jazyka. Sladkost – špička, slanost a kyselost – na bocích, hořkost – kořen jazyka. Chuťový vjem je vazbou chuťově aktivních látek na bílkovinné receptory. Vzruch putuje pomocí nervů do CNS, kde je následně vyhodnocován (Vejsada a Vácha, 2010). Ingr a kol. (1997) popisuje umístění chuťových receptorů. Chuťové pohárky (*Porus gustatorius*) – jedná se o, ve skupinách sdružené, receptorové buňky s proteiny na povrchu. Tyto pohárky jsou po skupinách řazeny v chuťových papílách. Všechny tyto „savičky“ (papily) disponují dutinkami, ve kterých jsou umístěny vlastní receptory. Pohárky se formují do saviček rýhovitých (*Circum vallatae*) – jsou viditelné i pouhým okem - největší, nebo do menších - houbovitých (*Fungiformes*) či lístečkovitých (*Foliatae*).

Mezi nejznámější chutě, jež je člověk schopen vnímat patří tedy chuť sladká, kyselá, slaná a hořká, ale existuje i mnoho jejich kombinací, jež mají i svou speciální terminologii (Vácha a Vejsada, 2010).

### 2.8.2.3 *Čich*

Popisu smyslu čichového se rovněž věnoval Ingr a kol. (1997). Na hodnotu vjemu působí pach látek – příjemný vjem je odpovědí na vůni, zápach je vjemem nepříjemným. V senzoryckém hodnocení se nepoužívá citově neutrální pach. U vůně není popsán mechanismus přestupu aktivní látky na receptor. Ingr a kol. (1997) proto definuje vůni (pach) jako vlastnost látek vnímaná nadechnutím do nosní nebo ústní dutiny (obě dutiny jsou spojeny), kdy se nejedná o vjem chuťový, hmatový, teploty, či bolesti.

Čichové receptory se nacházejí na stropu nosní dutiny ve sliznici v podobě dvou žlutohnědých skvrn na ploše zhruba 2 x 1,5 cm<sup>2</sup> a zahrnují 10 - 20 miliónů buněk. Při senzorycké analýze se čichový smysl projevuje v komplexním vjemu zároveň s chutí nazývaném příchutí (Vejsada a Vácha, 2010; Ingr a kol., 1997).

#### **2.8.2.4 Zrak**

Receptory tohoto smyslu akceptují elektromagnetické záření o rozsahu 380 – 780 nm vlnových délek (viditelné světlo). Oko, sídlo receptorů, rozeznává intenzitu světla, barevný odstín a zbarvení. Z hlediska sensorické upotřebitelnosti se jedná o důležitou smyslovou odpověď, jelikož je schopna podat popis i o tvaru, velikosti a povrchu potraviny, jak píše Vejsada a Vácha (2010) a Ingr a kol. (1997). Vzhled je výstup předběžného sensorického hodnocení, jež má vliv na koupi či konzum produktu.

#### **2.8.2.5 Hmat**

Vejsada a Vácha (2010) dělí hmatové smysly na dva, informující o odlišných vjemech. Taktilní smysl je takový, jež zjišťuje tvar a velikost těles a působení tlaku na povrch těla či sliznic. Receptory jsou lokalizovány pod pokožkou a sliznicemi. Jejich podstatná část se nachází v ústní dutině, na ruce, obličeji a na nosní sliznici. Zde se vyskytují Meissnerova a Merkelova tělíska, taktilní disky a Paciniho tělíska, které jsou největšími z nich. (Ingr a kol., 1997).

Kinestetický smysl vnímá odpor proti vyvíjeným mechanickým silám. Řadí se sem především receptory jako svalová vřetenka, šlachová tělíska, či kloubové receptory. Charakterizuje tedy tvrdost, křehkost a elasticitu zkoumaného vzorku (Ingr a kol., 1997; Vejsada a Vácha, 2010).

## **3 METODIKA:**

### **3.1 Pilotní projekt**

Výkrmový test na pstruhařství Annín byl uskutečněn v rámci pilotního projektu Klatovského rybářství a.s. a Fakulty Rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích s názvem Praktické ověření technologie „finishing feeding“ v produkci sivena amerického v podmínkách ČR. Pilotní projekt byl podpořen Operačním programem Rybářství 2007 – 2013.

V rámci tohoto projektu byly řešeny dvě bakalářské práce. Tato posuzuje vliv technologie finishing feeding na růst, výtěžnost a senzorické vlastnosti masa ryb. Další práce zkoumá vliv na obsah tuku a kompozici mastných kyselin ve svalovině ryb.

### **3.2 Experimentální design**

#### **3.2.1 Ryby a rybochovné zařízení**

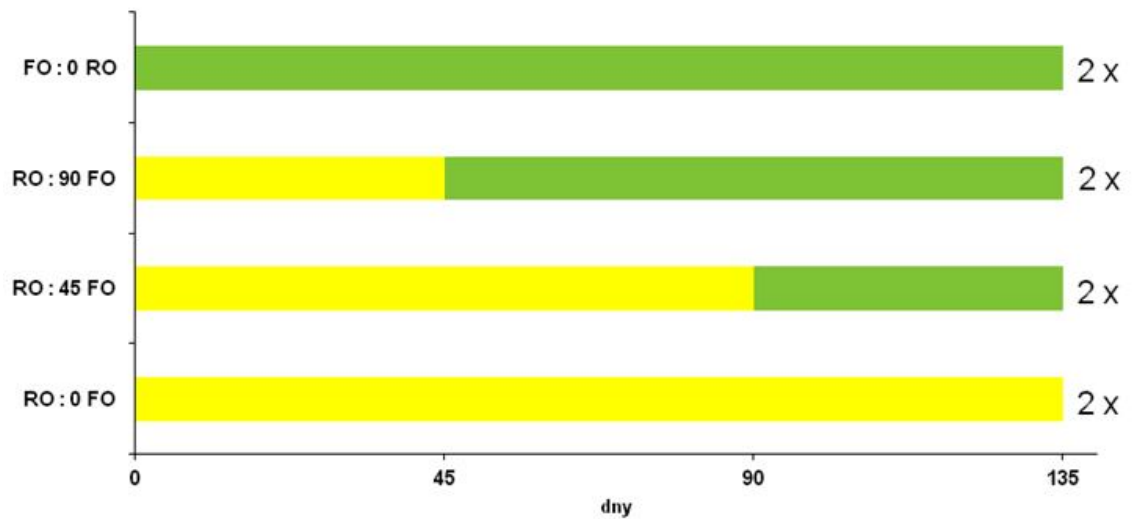
Navrhovaná technologie finishing feedingu byla testována na sivenu americkém (*Salvelinus fontinalis*), jako typickém zástupci salmonidů českého produkčního pstruhařství. Výkrmový pokus byl uskutečněn na pstruhařství Annín (Klatovské rybářství a.s.) v průtočných betonových žlabech o velikosti 1x1x8 m (Obr. 5) Ty byly jednotlivě napájeny vodou z náhonu řeky Otavy. Průtočné žlaby byly rovněž vybaveny česly zasazenými před výpustním zařízením. Střík (přívod vody) byl zaopatřen dřevěnými paletami z hlediska bezpečnostní prevence pro ryby. Každý žlab disponoval automatickým hodinovým krmítkem.

#### **3.2.2 Design výkrmu ryb**

Obr. 4 demonstruje design distribuce krmiv ve žlabech. Jako kontrola sloužily žlaby č.1 a č.2, kde byly ryby krmeny po celou dobu směsí pouze s rybím olejem. Žlaby č.3 a č.4 byly z počátku krmeny směsí s řepkovým olejem, po 45 dnech obsahovalo krmení pouze rybí olej (tedy 90 dní). Žlaby č.5 a č.6 byly krmeny směsí řepkového

oleje po 90 dnů a dalších 45 dní obsahovala dieta olej rybí. Krmení směsí dotukovanou pouze řepkovým olejem reprezentovaly nádrže č.7 a č.8 ( nahrazeno 50% rybiho oleje v krmivu).

**Obr. 4:** *Distribuce krmných směsí v průtočných kanálech (FO - rybí olej; RO - řepkový olej)*



**Obr. 5:** *Betonový žlab s automatickým krmítkem*



### 3.2.3 Krmná směs

Používané krmivo bylo směsí Bio-vet dodávané společností Biomar. V kompozici živinových složek pelet byl zakázkově snížen podíl lipidů na 13 % - pro potřeby experimentu byla směs na cílových 26% dotukována manuálně vmísením požadovaného oleje (rybího či řepkového) na Fakultě rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Dotukování krmiva probíhalo skrápěním pelet požadovaným olejem, jež byl promícháván s peletami v manuální míchačce (Obr. 6). Tab. 8 vyobrazuje živinové složení diety.

**Tab. 8:** Kompozice živin v experimentální krmné směsi (BNLV – bezdusíkaté látky výtahové)

Živina	Zastoupení [%]
proteiny	44-48
lipidy	26
BNLV	24,3
fosfor (celkový)	0,9

**Obr. 6:** Ruční dotukování krmiva (Foto Tomáš Zajíc)



### 3.3 Zahájení pokusu

#### 3.3.1 Nasazení pokusu

Nasazení experimentu proběhlo 21. 5. násadou sivena o průměrné hmotnosti  $156 \pm 4,91$  g a průměrné celkové délce těla  $22 \pm 0,81$  cm. Do každého žlabu bylo nasazeno 300 násadových ryb vyprodukovaných pstruhařstvem v Anníně. Ryby byly náhodně vybírány z jednoho odchovného hejna. Celková hmotnost obsádky pro každý žlab se před nasazením převážila obchodní vahou s přesností na desetiny kilogramu (Obr. 7 a 8).

**Obr. 7:** *Vážení násad před vysazením*





**Obr. 8:** *Vysazování sivenů do betonových žlabů*



Pro budoucí stanovení růstových ukazatelů a výtěžnosti byla měřena délka těla v centimetrech (Obr. 9) a vážena hmotnost v gramech na kompaktních analytických digitálních váhách. Takto bylo hodnoceno 33 náhodně vybraných ryb. Oba údaje byly zaznamenány na celé jednotky. Tab. 9 uvádí hmotnostní a kusové vysazení násad sivena na žlaby.

**Obr. 9:** *Měření délky těla ryb.*



**Tab. 9:** Nasazení experimentu. Data kusových hmotností jsou průměr ± směrodatná odchylka (n=33). FO – rybí olej; RO – řepkový olej.

skupina	nasazení [ks]	celková hmotnost nasazení [kg]	Ø hmotnost nasazení [g/ks]
FO	300	47,8	159 ± 12,3
FO	300	47,2	157 ± 12,8
RO:90FO	300	47,2	157 ± 10,6
RO:90FO	300	48,5	161 ± 14,2
RO:45FO	300	44,2	147 ± 11,8
RO:45FO	300	47,6	158 ± 15,1
RO	300	44,7	149 ± 10,2
RO	300	48	160 ± 10,6

### 3.3.2 Sledování abiotických faktorů

V den zahájení experimentu byl do přítoku do žlabů instalován dataloger Minikin (EMS Brno), jež zajišťoval průběžné měření a zaznamenávání teplot ve vodním prostředí (kontinuálně po 30 minutách).

Kyslíkové poměry a pH v průběhu odchovu byly sledovány provozním personálem. Měřené hodnoty odpovídaly standardům pro lososovité ryby (8 - 10 mg/l O<sub>2</sub>; pH 4,8 - 9,2).

## 3.4 Odběr vzorků a stanovení výtěžnosti

### 3.4.1 Vzorkování

V den zahájení pokusu bylo odebráno 10 kusů násadových ryb z odchovného hejna v Anníně k laboratornímu stanovení počátečního množství a lipidů a jejich kompozice.

Ryby byly vzorkovány tedy při zahájení výkrmového testu a následně po 45, 90 dnech a při ukončení pokusu (cca 135 dní). Z každé skupiny bylo při vzorkování odebráno 20 jedinců (viz Tab. 10). A to 10 ryb pro další stanovení obsahu tuku a jeho složení a 10 ryb pro potřeby testů na organoleptické (senzorické) vlastnosti.

**Tab. 10:** Rozpis vzorkování (FO - rybí olej; RO - řepkový olej)

	Vzorkování [10 ks]	Vzorkování [ks]	Vzorkování [ks]	Vzorkování [ks]	
Podíl krmných dávek [d]					Počet žlabů
0 RO : 135 FO		10	10	10	2 X
45 RO : 90 FO		10	10	10	2 X
90 RO : 45 FO		10	10	10	2 X
135 RO : 0 FO		10	10	10	2 X
Průběh [d]	0	45	90	135	
Datum	21.5.	9.7.	13.8.	20.9.	

Všechny odebírané ryby byly na místě omráčeny tupým úderem do hlavy a následně usmrceny přerušením žaberních oblouků - vykrvením. Vzorkované ryby byly převezeny na šupinkovém ledu na zpracovnu Fakulty Rybářství a ochrany vod v Českých Budějovicích a následně opracovány.

### 3.4.2 Stanovení výtěžnosti

V rámci přípravy vzorků pro další analýzy byla měřena celková délka těla s přesností na desetiny centimetrů a vážena hmotnost na kompaktních digitálních váhách s přesností na desetiny gramů. Ze získaných údajů byly propočteny produkční ukazatele - jateční výtěžnost opracovaného těla (ryba bez vnitřností a žaber - JOT) a filet. Obr. 10 znázorňuje jatečně opracované tělo před filetací.

#### 3.4.2.1 Užití vzorce pro výpočet výtěžnosti

Výtěžnost – Jatečně opracované tělo

$$V(\text{JOT}) = \frac{m(\text{JOT})}{m(\text{JAT})} \times 100$$

Výtěžnost – Filety

$$V(\text{FILE}) = \frac{m(\text{FILE})}{m(\text{JAT})} \times 100$$

Kde:

V(JOT)	[%]	výtěžnost opracovaného těla ryby
V(FILE)	[%]	výtěžnost filet ryby
m (JOT)	[g]	hmotnost jatečně opracovaného těla ryby (odejmuté vnitřnosti+žábra)
m (FILE)	[g]	hmotnost obou filet ryby
m (JAT)	[g]	hmotnost usmrcené jateční ryby

**Obr. 10:** Jatečně opracované tělo (JOT) a filet sivena (pozn.: výtěžnost filet je počítána bez řitní ploutve; foto Tomáš Zajíc)



### 3.4.3 Krmný koeficient

Produkční účinnost krmiv byla hodnocena stanovením krmného koeficientu.  
FCR: Absolutní krmný koeficient (food conversion ratio) = množství krmiva (kg) spotřebovaného k produkci 1 kg přírůstku (Čítek a kol., 1998).

#### 3.4.3.1 Stanovení FCR (dle Čítka a kol., 1998)

$$FCR = \frac{F}{W_t - W_0}$$

Kde:

F	[kg]	spotřeba krmiva za sledované období
W <sub>t</sub>	[kg]	hmotnost obsádky na konci období
W <sub>0</sub>	[kg]	hmotnost obsádky na začátku období

### 3.5 Senzorická analýza

V průběhu výkrmového experimentu byly provedeny tři dílčí testy senzorické analýzy svaloviny ryb. Analýzy probíhající 45. a 90. den po nasazení se vztahovaly pouze k posouzení (rozdílu a organoleptických vlastností) skupin rybího (FO) a řepkového oleje (VO). Senzorická analýza po ukončení testů se zaměřovala na všechny skupiny projektu. Tato hodnocení tedy proběhla při změně krmeného oleje ve směsi. A to dle zvolených metod vybraných z metodického přehledu Vejsady a Váchy (2010).

#### 3.5.1 Vzorky pro senzorickou analýzu

K přípravě vzorků pro senzorické hodnocení se přešlo po stanovení výtěžností. Pravý filet ryby byl balen a označen k senzorickému hodnocení a levý zabalen do hliníkové folie (k dispozici pro laboratorní stanovení mastných kyselin). Na obr. 11 jsou vyfoceny připravené vzorky před šokovým mrazením.

**Obr. 11:** *Vzorky filet připravené k dalším analýzám (k senzorickým v pravo)*





Vzorkové uzavíratelné sklenice nadepsané třímístným číslem obsahovaly postačující vzorek svaloviny, tedy pravého porcovaného filetu ryby (viz Obr. 12). Tepelná úprava vzorků (bez veškerých dochucovadel) trvala 20 minut při teplotě 180 °C (Obr. 12).

**Obr. 12:** Příprava vzorků pro senzoricou analýzu



**Obr. 13:** Tepelná úprava již označených vzorků



## 3.5.2 Metody

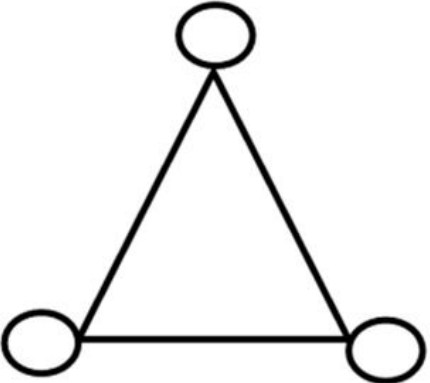
### 3.5.2.1 Trojúhelníková zkouška

Jedná se rozlišovací metodu hodnotící tři vzorky, z nichž dva jsou identické (FO či RO pod číselným kódem). Hodnotitel má za úkol svou úvahou, pro něho potenciální, dva totožné vzorky z předložené řady vepsat do dolní řady „triangle“ testu (viz Obr. 14). Tím, že dva vzorky jsou obsahem stejné a jeden odlišný, je možné uspořádat řadu vzorků podávanou hodnotitelům v šesti možných kombinacích. Výstup odevzdaného protokolu je při kontrole na základě původu číselných kódů buďto „správně“, či „nesprávně“ (Vejsada a Vácha, 2010).

Rozdílové zkoušky ryb, které byly krmeny směsí dotukovanou rybím či řepkovým olejem, byly organolepticky zjišťovány pomocí „triangle testu“ celkem dvakrát. A to v rámci prvních (po 45 dnech) a posledních (po 135 dnech) testů na senzorycké vlastnosti svaloviny experimentálních skupin ryb.

Cílem této zkoušky je prokazatelně zjistit, zda je konzument jako hodnotitel schopen od sebe rozlišit vliv upravovaných krmiv na maso ryb.

**Obr. 14:** *Trojúhelníková rozlišovací zkouška*

Senzorycké hodnocení svaloviny Šivena amerického		
Jméno:	Datum:	Číslo vzorku:
		



### 3.5.2.2 Úsečkový protokol

Dalším zvoleným testem bylo hodnocení pomocí stupnic. Úsečka protokolu měřící 10 cm je nestrukturovaná (nedělená). Tato hédonická stupnice je v tomto případě charakterizována 4 stupni charakterizujícími vůni, chuť, pachut' a konzistenci pod trojmístným číselným kódem (Obr.15). Hodnotitel na základě vjemu z testovaného vzorku vnese bod na této přímce. „Vynikající“ dojem je krajním levým bodem a hodnocení stupně „naprosto odporná“ je chápáno na pravém konci (Vejsada a Vácha, 2010).

Vyhodnocení vjemu spočívá ve změření vzdálenosti od levého konce k bodu označeném hodnotitem a následným zprůměrováním těchto hodnot pro vzorek (či v % délky stupnice). Zde tedy platí: „čím menší vzdálenost, tím pozitivnější hodnocení“. Pro hodnocení jakostních znaků je tato metoda podle Vejsady a Váchy (2010) vhodná a osvědčená.

**Obr. 15:** Úsečkový protokol

Senzorické hodnocení svaloviny Šivena amerického		
Jméno:	Datum:	Číslo vzorku:
<b>VŮŇĚ</b>	-----	
<b>CHUŤ</b>	-----	
<b>PACHUŤ</b>	-----	
<b>KONZISTENCE</b>	-----	
vynikající		odporná

### 3.5.3 Vlastní hodnocení

Každá z analýz proběhla na Fakultě rybářství a ochrany vod ve Vodňanech. Panel hodnotitelů se skládal z deseti osob z řad konzumentů.

Každý ze skupiny měl k dispozici separátní box (Obr. 16). Tento individuální box byl vybaven protokoly úsečkového a trojúhelníkového testu, dostatečným množstvím pečiva a vody, jednoduchým nádobím a příborem (vidlička), propiskami a ubrousky. Po rozsezení byla vysvětlena podstata obou testů.

**Obr. 16:** *Box pro sensorické hodnocení masa sivena*



Hodnotitel obdržel každou testovanou řadu vzorkovnic (každá pod číselným kódem) ještě uzavřenou, ihned po tepelné úpravě. Mezi jednotlivými testy měl dostatečný časový prostor pro posouzení řady vzorků a vepsání výsledků do protokolů.

### 3.5.4 Statistické vyhodnocení

Všechny statistické analýzy byly prováděny s využitím programu Statistica 10.0 CZ a Microsoft Excel 2007. Prezentovaná data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka. Pro determinaci rozdílů mezi dvěma skupinami byl použit Studentův *t-test* s vyhodnocením chybových úseček, tedy směrodatných odchylek. V případě většího množství skupin byla použita jednocestná analýza variance (ANOVA) a Tukeyův HSD test. Vyznačené rozdíly jsou považovány za signifikantní při  $p < 0,05$ .

## 4 VÝSLEDKY:

### 4.1 Abiotické faktory

#### 4.1.1.1 *Kyslík a pH*

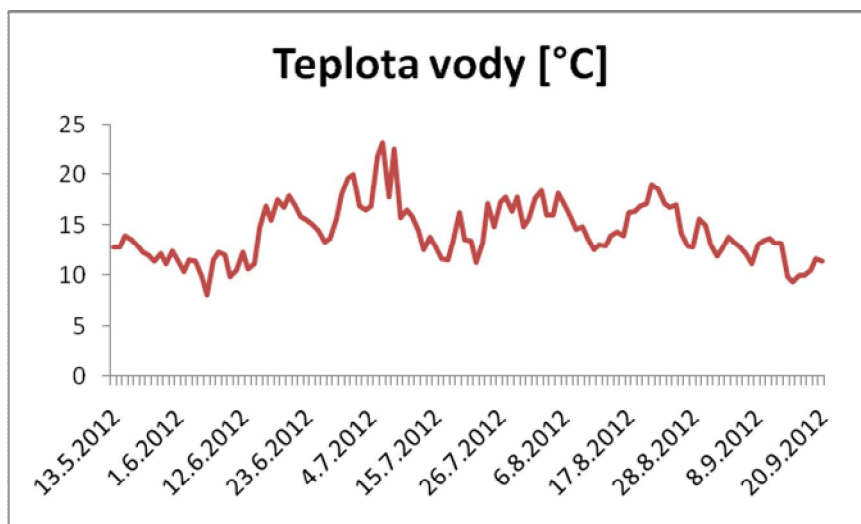
Průběžné hodnoty měřeného kyslíku v nasazených průtočných žlabech byly v optimu pro lososovité ryby. Případné známky dušení ryb nebylo rovněž vizuálně zaznamenáno. Kyslík bilancoval mezi požadovanými 8 - 10 mg/l.

PH se pohybovalo rovněž optimu pro lososovité ryby.

#### 4.1.1.2 *Teplota*

V průběhu výkrmu se nenacházely významné odchylky v teplotě vodního prostředí (Graf 3). Vyšší hodnoty nad rámec tolerovaných teplot pro chov lososovitých ryb byly zaznamenány v krátkém časovém intervalu na začátku měsíce července.

**Graf 3:** Teplotní křivka v průběhu experimentu (Minikin Brno).



## 4.2 Produkční údaje

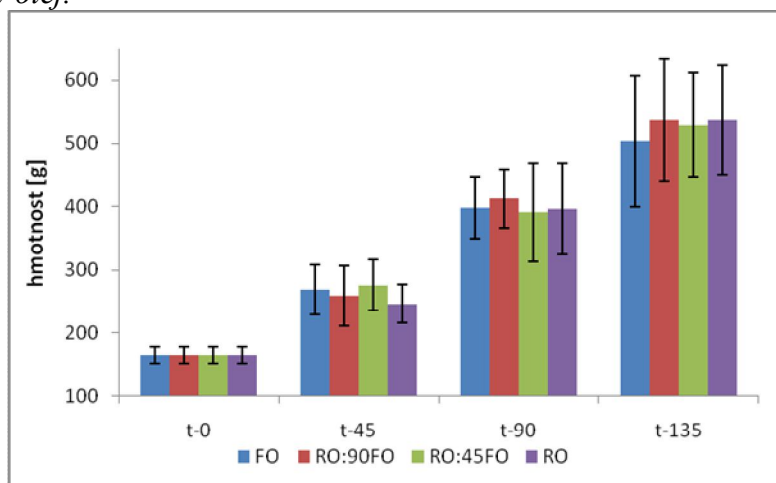
Úhyn ryb v nádržích byl 3-4,3 %. Absolutní krmný koeficient (FCR) se pohyboval v rozmezí hodnot 0,95 – 1,06. Hodnoty neprokázaly vliv na produkční účinnost krmiv, ve kterých byl rybí olej nahrazen řepkovým olejem (Tab 11).

**Tab. 11 :** *Produkční data experimentu. Data průměrných hmotností ryb jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka (n=počet vylovených kusů na žlab). FO – rybí olej; RO – řepkový olej. FCR – absolutní krmný koeficient*

skupina	vyloveno [ks]	celková hmotnost při výlovu [kg]	Ø hmotnost výlovu [g/ks]	ztráty úhynem ks / %	FCR
FO	228	132,6	473±77,3	9 / 3	1,06
FO	227	135,1	489±96,2	13 / 4,3	1,03
RO:90FO	230	140,1	511±88,5	10 / 3,3	1,01
RO:90FO	229	145	529±90,4	11 / 3,6	0,95
RO:45FO	228	136,3	520±78,5	12 / 4	1,01
RO:45FO	230	141,1	495±86,3	10 / 3,3	0,96
RO	227	139,5	524±88,1	13 / 4,3	0,96
RO	231	140,2	517±84,4	12 / 4	0,97

Řepkový olej obsažený v krmivu nemá signifikantní vliv na růstové schopnosti ryb. Na grafu 4 jsou zaznamenány hmotnosti živých ryb vzorkovaných při změně krmiv.

**Graf 4:** *Hmotností srovnání experimentálních skupin ryb v čase (t) změny krmných směsí dle designu. Data jsou průměrem ± směrodatná odchylka (n=20). FO – rybí olej; RO – řepkový olej.*



### 4.3 Výtěžnost

Hodnoty výtěžnosti uvedené v Tab. 12 jsou srovnatelně vysoké. Ve výtěžnosti JOT a ani filet není signifikantní rozdíl mezi skupinami ryb.

**Tab. 12:** Výtěžnosti JOT (jatečně opracovaného těla) a filet vzorkovaných ryb po 45, 90 a 135 dnech. Data jsou průměrem  $\pm$  směrodatná odchylka ( $n=20$ ). FO – rybí olej; RO – řepkový olej.

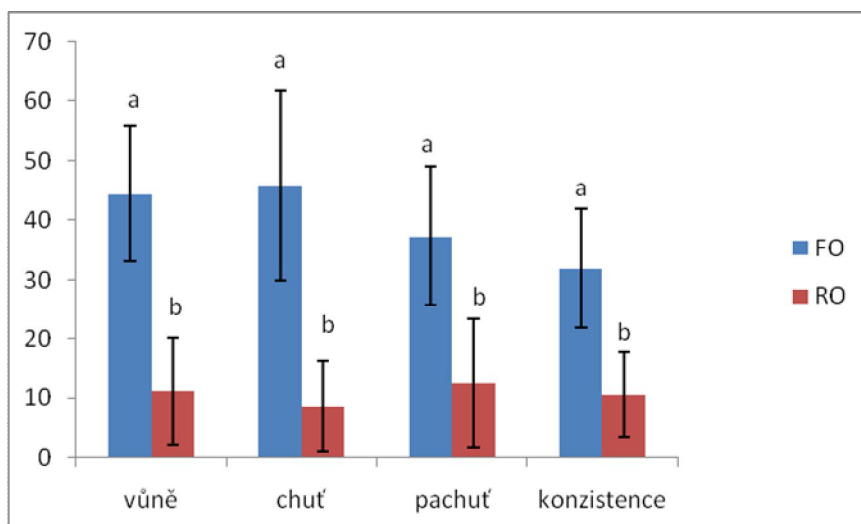
Doba pokusu [d]		JOT [%]	Filety [%]
45	FO	82,1 $\pm$ 1,2	55,5 $\pm$ 1,8
	RO:90FO	82,7 $\pm$ 1,7	56,4 $\pm$ 1,7
	RO:45FO	81,9 $\pm$ 2,3	54,4 $\pm$ 2,4
	RO	80,7 $\pm$ 4,7	56,9 $\pm$ 2,5
90	FO	81,1 $\pm$ 2,2	53,8 $\pm$ 2,1
	RO:90FO	81,3 $\pm$ 1,7	52,1 $\pm$ 2,5
	RO:45FO	81,7 $\pm$ 1,6	53,2 $\pm$ 1,1
	RO	80,2 $\pm$ 5,6	53,7 $\pm$ 2,0
135	FO	82,0 $\pm$ 2,6	53,4 $\pm$ 1,5
	RO:90FO	81,5 $\pm$ 2,5	54,9 $\pm$ 1,8
	RO:45FO	82,5 $\pm$ 3,1	54,1 $\pm$ 2,3
	RO	82,7 $\pm$ 1,9	53,5 $\pm$ 1,5

## 4.4 Senzorická analýza

### 4.4.1 1. senzorická analýza

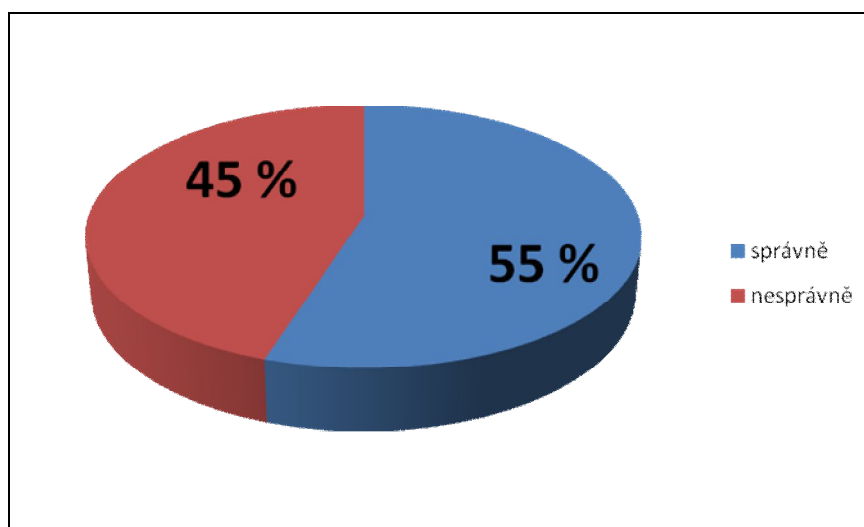
Graf 5 srovnává výstupy úsečkových protokolů po 45 dnech trvání pokusu. Svalovina ryb krměných krmivem s řepkovým olejem byla ve všech parametrech hodnocena lépe než maso ryb, jež byly krměny krmivem s olejem rybím.

**Graf 5:** Základní senzorické ukazatele svaloviny ryb po 45 dnech výkrmového testu. Data jsou prezentována jako průměr  $\pm$  SD ( $n=20$ ). FO – rybí olej; RO – řepkový olej. Osa y je stupnice v mm (v rozmezí 0-100), nižší hodnota znamená lepší hodnocení. V rámci parametru: a,a – statisticky neprůkazný rozdíl v hodnocení; a,b – signifikantní rozdílnost hodnot.



Rozdílový triangle test na konci testu neprokázal statistický rozdíl mezi masem ryb krměnými směsí s rybím nebo řepkovým olejem (Graf 6).

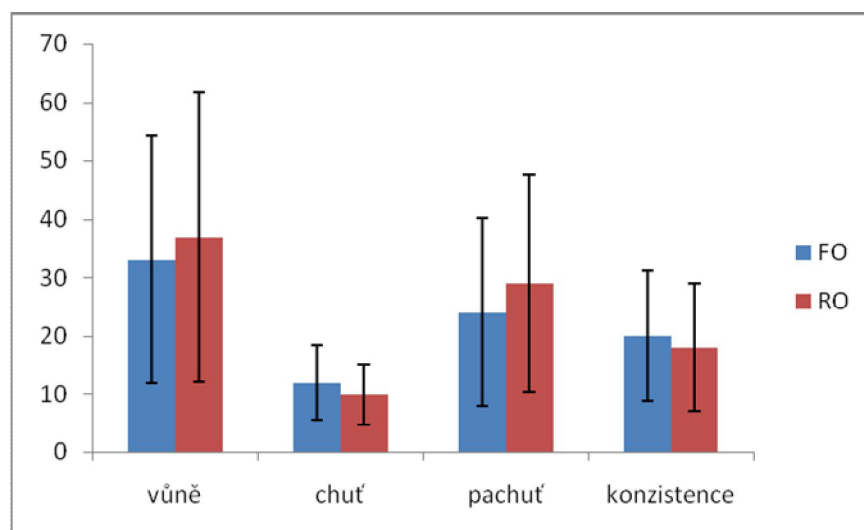
**Graf 6:** Úspěšnost v rozpoznání odlišného vzorku po 45 dnech výkrmového testu. Data jsou prezentována jako průměr dvou opakování (v každém 10 posuzovatelů).



#### 4.4.2 2. sensorická analýza

Narozdíl od první sensorické analýzy zde došlo k vyrovnání posuzovaných parametrů svaloviny. Test neprokázal statistický rozdíl, jak znázorňuje Graf 7. Toto hodnocení proběhlo 90. den trvání pokusu.

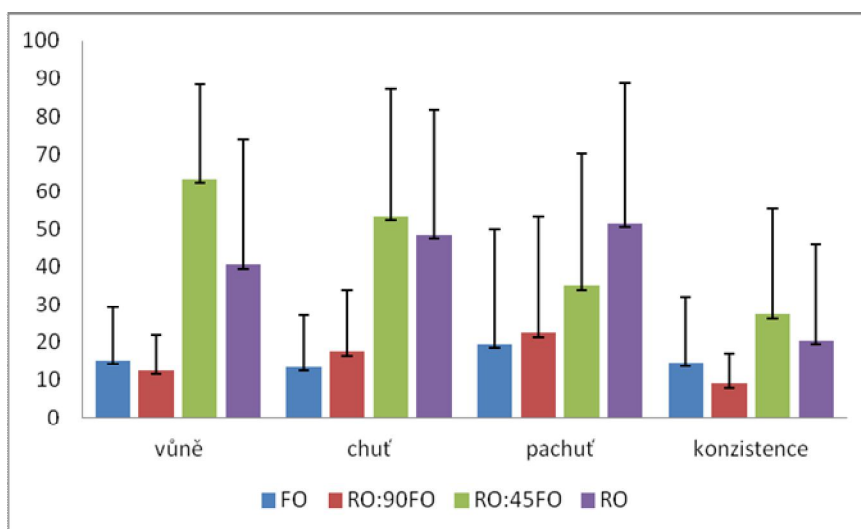
**Graf 7:** Základní sensorické ukazatele svaloviny ryb po 90 dnech výkrmového testu. Data jsou prezentována jako průměr  $\pm$  SD ( $n=11$ ). FO – rybí olej; RO – řepkový olej. Osa y je stupnice v mm (v rozmezí 0-100), nižší hodnota znamená lepší hodnocení.



### 4.4.3 3. senzoričká analýza

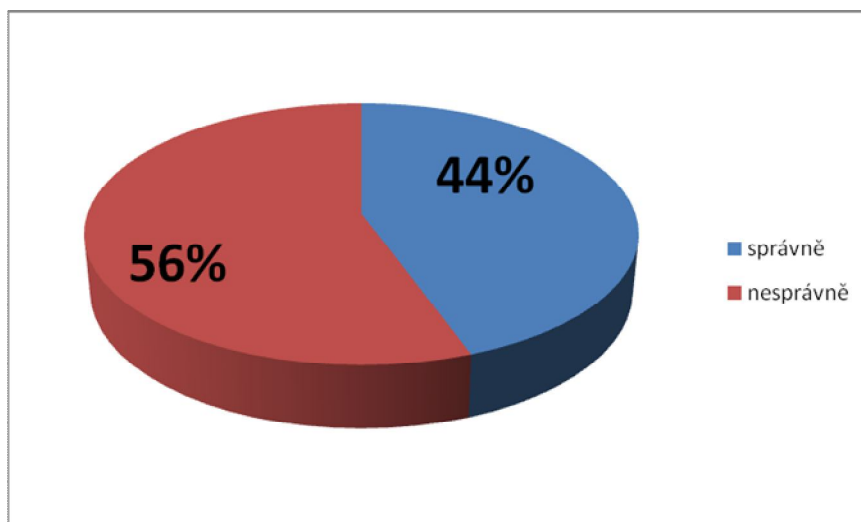
Graf 8 srovnává senzoričké vlastnosti všech experimentálních skupin ryb. Test neprokázal signifikantní rozdíl mezi skupinami.

**Graf 8:** Základní organoleptické ukazatele svaloviny ryb na konci výkrmového testu (135 dní) pro všechny skupiny chovaných ryb. Data jsou prezentována jako průměr + SD (n=16). Hladina významnosti  $p < 0,05$ . FO – rybí olej; RO – řepkový olej. Osa y je stupnice v mm (v rozmezí 0-100), nižší hodnota znamená lepší hodnocení.



Rozdílový triangle test na konci testu neprokázal statistický rozdíl mezi masem ryb krmnými směsí s rybím nebo řepkovým olejem (Graf 9).

**Graf 9:** Úspěšnost v rozpoznání odlišného vzorku na konci výkrmového testu (135 dní). Data jsou prezentována jako průměr dvou opakování (v každém 9 posuzovatelů).





## 5 DISKUZE

### 5.1 Produkční údaje a výtěžnost

V průběhu výkrmového experimentu nebyly zaznamenány úhyny ryb, které by byly způsobené nahrazením rybiho oleje v krmivu (úhyn ryb v nádržích se pohyboval v rozmezí 3-4,3 %). Rovněž jako u podobně orientovaných studií (Guillou a kol., 1995; Mráz a kol., 2012, Bell a kol., 2004).

Ztráty ryb souvisely převážně se zákalem vody po přívalových srážkových úhrnech nebo v důsledku krátkodobého zvýšení teplot vody v červenci.

Na konci testu dosahovali jedinci srovnatelné průměrné hmotnosti. To platí i pro výsledky výtěžností jatečně opracovaného těla (JOT) a filet pro každou ze 4 experimentálních skupin. Nebylo prokázáno, že by se projevil negativní vliv na dynamiku růstu ryb a výtěžnost (JOT a filet ryb) v důsledku nahrazení rybiho oleje v krmivu řepkovým. To potvrzují i výsledky studie Guillou a kol. (1995), která rovněž nezaznamenala negativní dopad řepkového oleje v krmné směsi na přežití ryb, či růstovou schopnost krmných skupin sivena amerického (podíl řepkového oleje v krmné směsi: 11%).

Vliv příměsí rostlinných olejů na přežití a schopnost růstu ryb nebyl potvrzen ani Mrázem a kol. (2012). Výkrmový test na kapru obecném (*Cyprinus carpio* L.) zahrnoval posouzení rybiho oleje (kontrola), olivového oleje a směsi řepkového a lněného oleje.

Rovněž, v případě testování lněného oleje (Bell a kol., 2004) a palmového oleje (Bell a kol., 2002) v produkčním cyklu lososa atlantského (*Salmo salar* L.), nebyly prokázány odchylky v růstu obsádky či zhoršení vitality ryb. Mourente a kol. (2004) testovali rostlinné oleje (olivový, lněný a řepkový) v krmných směsích na morčáku evropském (*Dicentrarchus labrax*). Studie také nepotvrzuje vliv na růstovou schopnost v průběhu výkrmu.

## **5.2 Senzorická analýza**

### **5.2.1 Úsečkové protokoly**

Senzorické hodnocení parametrů ryb (vůně, chuti, pachuti, konzistence) pomocí stupnic proběhlo v průběhu experimentu celkem třikrát. Po 45 dnech odchovu testy porovnávaly jen svalovinu skupin ryb krmených směsí obsahující pouze rybí olej či řepkový olej. Výstupy těchto posuzovaných diet ovšem upřednostňovaly ve všech sledovaných parametrech maso ryb, které byly krmeny směsí s řepkovým olejem. Guillou a kol. (1995) ve své studii rovněž nezaznamenal negativní vliv řepkového oleje v dietě sivena amerického na senzorické vlastnosti masa.

Krátkodobým nahrazením rybiho oleje v krmivu řepkovým došlo z pohledu hodnotitelů k příznivým změnám. Lze vyvodit hypotézu, že absence typické vůni a chuti (pro ryby krmené krmivem vyrobeným z ryb) přispívá k „vylepšení“ dojmu ze vzorku.

Tento jev ovšem následující analýzy testů parametrů rybí svaloviny nepotvrzují. Druhé hodnocení proběhlo po 90. dnech krmného pokusu. Hodnoty výsledků jsou ovšem staticky neprůkazné vzhledem k vysoké variabilitě hodnocení. Průměrné hodnoty vnímané posuzovateli se ovšem i zde pohybují pod hranicí „4“, což reprezentuje vcelku příznivé hodnocení (úsečka byla dlouhá 10 cm, hodnocení 10 je chápáno jako nejhorší pro danou vlastnost). Na základě výsledků lze diskutovat o nepřítomnosti rozdílů mezi skupinami.

Poslední senzorická analýza proběhla na konci pokusu (135 dní) a srovnávala všechny čtyři nasazované skupiny ryb (FO; RO:45FO; RO:90FO; RO). Hodnocení parametrů poslední senzorické analýzy signifikantně nepotvrzuje negativní vliv na senzorické vlastnosti v případě dlouhodobějšího nahrazení (rovněž jako u studie Morkore a kol., 2007)

### 5.2.2 Triangle testy

Obě rozdílové zkoušky jsou statisticky neprůkazné (1. hodnocení – 45 : 55%; 2. hodnocení – 56 : 44%). To nasvědčuje faktu, že hodnotitelé z řad běžných konzumentů nejsou schopni jednoznačně ryby krmené směsí s tradičním rybím či nahrazeným řepkovým olejem od sebe odlišit. Studie Turchini a kol. (2003) ovšem rozdíl v sensorických vlastnostech mezi masem ryb krmeným rybím nebo řepkovým olejem statisticky prokázala. Ryby byly krmeny 70 dní. Tím prokázala možný vliv řepkového oleje v krmné směsi pro lososa. Rovněž jako Torstensen v sensorické analýze masa lososů krmených směsí olejů v krmné směsi před fází finishing feeding. Po fázi finishing feeding nebyl rozdíl mezi masem ryb z pohledu sensorické analýzy průkazný. Z toho lze vyvodit, že zavedení technologie finishing feeding ve výkrmu nemá vliv na organoleptické vlastnosti masa lososovitých ryb.

## 6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit vlivu alternativního (řepkového) oleje na růst, výtěžnost a sensorické vlastnosti masa sivena amerického v podmínkách českého pstruhařství.

Nahrazení rybího oleje řepkovým v krmné směsi pro lososovité ryby neměl negativní vliv na přežití chovaných ryb. Tento alternativní olej rovněž neovlivňoval dynamiku růstu ryb. Stanovená výtěžnost JOT (jatečně opracované tělo) a filet sivenů odkrmených krmivem s příměsí řepkového oleje se statisticky neodlišovala od hodnot ryb krmených krmivem obsahujícím tradiční rybí olej.

V případě nahrazení rybího oleje v dietě olejem řepkovým krátkodobě (45RO:90FO), se výsledky testů na organoleptické vlastnosti signifikantně liší. Z pohledu hodnotitelů bylo vhodnější maso ryb odkrmených na směsi s přídavkem alternativního řepkového oleje. V následujících testech sensorické analýzy ovšem rozdíl mezi svalovinou sivena odkrmeným směsí s řepkovým olejem a směsí a rybím olejem statisticky prokázán nebyl.

Nutno podotknout, že s výjimkou prvního sensorického testování nejsou tedy tyto výsledky testů na parametry rybího masa statisticky průkazné (vlivem vysoké variability v hodnocení).

Tento pokus naplnil myšlenku vhodného kompromisu mezi rybím a řepkovým olejem předkládaným v krmivu - lze tedy snížit ekonomické nároky na produkci lososovitých ryb chovaných v ČR. A to bez újmy na organoleptických vlastnostech kvality svaloviny.

Bude ovšem podstatné se tématem alternativních krmných směsí do budoucna nadále zabývat. A to i z hlediska kompozice mastných kyselin, na kterou mohou mít nová krmiva vliv. Inovace technologií zahrnující levnější a dostupnější alternativy v krmivech v produkčních chovech přispívá k trvalé udržitelnosti světové akvakultury. To znamená i menší závislost producentů ryb ČR na komerčních krmivech.

## 7 SEZNAM LITERATURY

- ADÁMKOVÁ, V., KAČER, P., MRÁZ, J., SUCHÁNEK, P., KÁLOVÁ LESNA, I., SKIBOVÁ, J., KOZÁK, P., MARATKA, V. The consumption of the carp meat and plasma lipids in secondary prevention in the heart ischemic disease patients. *Neuroendocrinology Letters*, 2011. vol. 32, no. 2, p. 17–20.
- ARZEL, J., CARDINAL, M., CORNET, J., METAILLER, R., GUILLAUME, JC. Nutrition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in seawater, effect of dietary lipid on growth performances, body composition and fillet quality. *Special Publication of the European Aquaculture Society*, 1993. 19: 309.
- BELL, J.G., HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R., MCGHEE, F., DICK, J.R., PORTER, A., SMULLEN, R.P., SARGENT, J.R. Substituting Fish Oil with Crude Palm Oil in the Diet of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Affects Muscle Fatty Acid Composition and Hepatic Fatty Acid Metabolism. *American Journal Of Clinical Nutrition*, 2002. 132,222–230.
- BELL, J. G., HENDERSON, R. J., TOCHER, D. R., SARGENT, J. R. Replacement of Dietary Fish Oil with Increasing Levels of Linseed Oil: Modification of Flesh Fatty Acid Compositions in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Using a Fish Oil Finishing Diet. *Lipids*, 2004. vol. 39, no. 3, p. 223–236.
- BURKE, P., LINGR, P., FORSE, R., BISTRIAN, B. Conditionally essential fatty acid deficiencies in end-stage liver disease. *Nutrition*, 1999. vol. 15, p. 302–304.
- ČÍTEK, J., KRUPAUER, V., KUBŮ, F. *Rybníkářství*. 3rd ed. 1998. ISBN 80-86073-37-8.
- EFSA. Panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, *trans* fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal*, 2010. 8 (3): 1461.
- DOSANJH, B.S., HIGGS, D.A., MCKENZIE, D.J., RANDALL, D.J., EALES, J.G., ROWNSHANDELI, N., ROWNSHANDELI, M., DEACON, G. Influence of Dietary Blends of Menhaden Oil and Canola Oil on Growth, Muscle Lipid Composition, and Thyroidal Status of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) in Sea Water. *Fish Physiology and Biochemistry*, 1998. 19, 123–134.
- FAO. Fish and fishery products – apartment consumption, 2011.

- FAO. The State Of Worlds Fisheries And Aquaculture, 2010.
- GAISLER, J., ZIMA, J. *ZOOLOGIE OBRATLOVCŮ*. 2.nd ed. 2007. ISBN 978-80-200-1484-9.
- GANUZA, E., BENÍTEZ-SANTANA, T., ATALAH, E., VEGA-ORELLANA, O., GANGA, R., Izquierdo, M. Cryptocodium cohnii and Schizochytrium sp. as potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. *Aquaculture*, 2008. 277, 109–116.
- GUILLOU, A., SOUCY, P., KHALIL, M., ADAMBOUNOU, L. Effect of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*, 1995. p. 351–362.
- HANEL, L., LUSK, S. *RYBY A MIHULE ČESKÉ REPUBLIKY Rozšíření a ochrana*. 1st ed. 2005. ISBN 80-86327-49-3.
- HOULIHAN, D., BOUJARD, T., JOBLING, M. *Food Intake in Fish*. 1st ed. 2001. ISBN 978-0-632-05576-0.
- HARDY R., SCOTT T., HARNELL, L. Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net-pens. *Aquaculture*, 1987. 65: 267–277.
- CHO, J., KIM, I. Fish meal – nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2010. vol. 95, p. 685–692.
- INGR, I., POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H. *Senzorická analýza potravin*. 1st ed. 1997. ISBN 80-7157-283-7.
- JOBLING, M. ‘Finishing’ feeds for carnivorous fish and the fatty acid dilution model. *Aquaculture Research*, 2004. 35, 706-709.
- KALÁČ, P., ŠPIČKA, J. *Složení lipidů sladkovodních ryb a jejich význam v lidské výživě*. 1st ed. 2006. ISBN 80-7040-901-0.
- KLOUDA, P. *Základy biochemie*. 2.nd ed. 2005. ISBN 80-86369-11-0.
- KOUŘIL, J., MAREŠ, J., POKORNÝ, J., ADÁMEK, Z., RANDÁK, T., KOLÁŘOVÁ, J., PALÍKOVÁ, M. *Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů*. 1st ed. 2008. ISBN 987-80-85887-80-8.
- MERTEN, M. *ZPRACOVÁNÍ RYB*. 1st ed. 2002. ISBN 80-86073-89-0.

- MRÁZ, J., ZAJÍC, T., PICKOVÁ, J. Culture of common carp (*Cyprinus carpio*) with defined flesh quality for prevention of cardiovascular diseases using finishing feeding strategy. *Neuroendocrinology Letters*, 2012. vol. 33, p. 60–67.
- MOURENTE, G., GOOD, J., BELL, J. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effect on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E<sub>2</sub> and F<sub>2α</sub>, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquaculture Nutrition*, 2005. no. 11, p. 25–40.
- MZeČR *Situační a výhledová zpráva RYBY*. 1st ed. 2011. ISBN 978-80-7084-978-1.
- NEUMANN, R., MOLNÁR, P., ARNOLD, S. *Senzorické skúmanie potravín*. 1st ed. 1990. ISBN 80-05-00612-8.
- PAULY, D., CHRISTENSEN, V. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 1995. p. 255- 257.
- PICKOVÁ, J. Importance of knowledge on lipid composition of foods to support development towards consumption of higher levels of n-3 fatty acids via freshwater fish. *Physiological Research*, 2009. vol. 58, p. 39–45.
- PICKOVÁ, J.; MORKORE, T. Production of Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Acid-Containing Oils in Transgenic Land Plants Alternate oil in fish feeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2007. 109, 256–263.
- POKORNÝ, J., DVOŘÁK, J., ŠRÁMEK, V., ADÁMEK, Z. *PSTRUHAŘSTVÍ*. 2nd ed. 1998. ISBN 80-86073-24-6.
- ROBERT, S. Production of Eicosapentaenoic and Docosahexaenoic Acid-Containing Oils in Transgenic Land Plants for Human and Aquaculture Nutrition, *Springer Science+Business Media*, 2006. 9, 103–109.
- SARGENT, J. Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition*, 1997. vol. 78, p. 5–13.
- SARGENT, J., TACON, A. Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *Proceedings of the Nutrition Society*, 1999. vol. 58, p. 377–383.
- SARGENT, J.R., TOCHER, D.R., BELL, J.G. The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.E. (Eds.), *Fish Nutrition*. Academic Press. *Elsevier Science*, 2002. 3rd ed., pp. 181-257.
- SIMOPOULOS, A. Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1999. vol. 70, p. 560–569.

- ŠÍPAL, Z., ANZENBACHER, P., PEČ, P., POSPÍŠIL, J., RŮŽIČKA, I., *Biochemie*. 1st ed. 1992. ISBN 80-04-21736-2.
- TURCHINI, G.M., MENTASTI, T., FROYLAND, L., ORBAN, E. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mito-chondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Aquaculture*, 2003. 225:251–267.
- TURCHINI, G., TORSTENSEN, B., WING-KEONG, N. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 2009. vol. 1, p. 10–57.
- TORSTENSEN, B., BELL, J.; ROSENLUND, G., HENDERSON, R., GRAFF, I.; TOCHER, D. LIE, SARGENT, J. Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005. 53, 10166–10178.
- VÁCHA, F., BUCHTOVÁ, H. *Komodity akvakultury*. 1st ed. 2005. ISBN 80-7040-758-1.
- VEJSADA, P., VÁCHA, F. *Senzorické hodnocení masa sladkovodních ryb*. 1st ed. 2010. ISBN 978-80-87437-10-0.
- VELÍŠEK, J. *CHEMIE POTRAVIN I*. 2nd ed. 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- VRABLÍK, M. Omega-3 mastné kyseliny a kardiovaskulární onemocnění. *Medicína pro praxi*, 2007. vol. 4/12, p. 494–496.
- WILLIAMS, Ch. M., BUDGE, G. Long-chain n-3 PUFA: plant v. marine sources. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2006. vol. 65, p. 42–50.
- ZAJÍC, T., MRÁZ, J., KOZÁK, P., PICKOVÁ, J. *Možnosti produkce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin*. 1st ed. 2011. ISBN 978-80-87437-27-8.



## 8 ABSTRAKT

Bakalářská práce hodnotí vliv alternativních krmiv na růst, výtěžnost a senzorické vlastnosti masa lososovitých ryb. V rámci ověření technologie „finishing feeding“ a jejího vlivu na tyto ukazatele byl proveden výkrmový test na pstruhařství Annín (Klatovské rybářství a.s.).

Experimentálním druhem byl siven americký (*Salvelinus fontinalis* L.) o průměrné kusové hmotnosti  $156 \pm 4,91$  g. Test probíhal 135 dní a byly použity dvě diety. Dieta A (řepkový olej, RO) nebo B (rybí olej, FO) nebo jejich kombinace (45RO:90FO; 90RO:45FO). Každá skupina ryb byla nasazena v duplikátu. Po 45, 90 dnech a na konci testu byla provedena hodnocení produkčních ukazatelů, výtěžnosti a senzorických vlastností svaloviny ryb.

Nahrazením řepkového oleje v krmné směsi nedošlo k úhynům ryb a ani k odchylkám v jejich růstu a výtěžnosti. Po 45 dnech (1. senzorická analýza) výkrmu bylo z pohledu hodnotitelů chuťově vhodnější maso ryb, jež byly krmeny řepkovým olejem v krmné směsi. Následující výsledky senzorických analýz však statisticky neprokázaly vliv nových diet na organoleptické vlastnosti masa ryb.

**Klíčová slova:** akvakultura, finishing feeding, *Salvelinus fontinalis*, rybí olej, řepkový olej, senzorická analýza

## 9 ABSTRACT

The bachelor thesis evaluates the impact of alternative feed on growth, yield and sensory evaluation of flesh of salmonids. The technology "finishing feeding" and its impact on these indicators was evaluated by a feeding test conducted in trout farm in Annin (Klatovské rybářství a.s.).

The experimental species was brook trout (*Salvelinus fontinalis* L.) with average weight of  $156 \pm 4,91$  g. The test was carried out for 135 days and there were 2 diets. Diet A (rapeseed oil, RO) or B (fish oil, FO) or their combination (45RO:90FO; 90RO:45FO). Each treatment was carried out in duplicate. After 45, 90 days and at the end of the test, evaluation of production characteristics, yield and sensory evaluation of fish muscle was carried out.

Fish oil replacement by rapeseed oil had no effects on fish survival, growth, feed conversion and yield. After 45 days (first sensory evaluation), flesh of fish fed diet with rapeseed oil was better sensory evaluated than fish fed fish oil diet. However, the later sensory evaluation didn't show any statistical differences among the treatments.

**Keywords:** aquaculture, finishing feeding, fish oil, rapeseed oil, *Salvelinus fontinalis*, sensory evaluation