FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Aplikace technologie „*finishing feeding*“ do chovu ryb v praktických podmínkách českého rybářství

T. Zajíc, J. Mráz, S. Sampels, J. Picková

Edice Metodik 137

FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Aplikace technologie „*finishing feeding*“ do chovu ryb v praktických podmínkách českého rybářství

T. Zajíc, J. Mráz, S. Sampels, J. Picková

Vodňany

2013

VYDÁNÍ METODIKY JE USKUTEČNĚNO ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:

OP RYBÁŘSTVÍ PŘÍPRAVA A VYDÁNÍ METODICKÝCH PUBLIKACÍ V ROCE 2012
(CZ.1.25/3.1.00/11.00381)

EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND
„Investování do udržitelného rybolovu“

Obsahová část metodiky je výsledkem řešení projektů:

Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz – CENAKVA
(CZ.1.05/2.1.00/01.0024)

Chovatelské a environmentální aspekty akvakultury a hydrocenóz
(GA JU 047/2010/Z)

Použití strategie „finishing feeding“ pro zvýšení úrovně n-3 mastných kyselin ve svalovině kapra obecného *(GAJU 057/2010/Z)*

Praktické ověření technologie „finishing feeding“ v produkci sivena amerického v podmínkách ČR *(CZ.1.25/3.4.00/11.00395)*

Edice Metodik

č. 137

ISBN 978-80-87437-78-0

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK **6**

1. ÚVOD DO PROBLÉMU **7**

1.1. Rybí olej v akvakultuře **7**

1.2. Mastné kyseliny a lidské zdraví **8**

1.3. Popis technologie *„finishing feeding“* ***9***

1.4. Kapr obecný (*Cyprinus carpio*) **10**

1.5. Siven americký (*Salvelinus fontinalis*) **10**

2. CÍL **11**

3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA **11**

4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY **12**

4.1. První fáze – test v chovu kapra obecného (*Cyprinus carpio*) **12**

4.1.1. Materiál a metodika 12

4.1.2. Výsledky první fáze 14

4.2. Druhá fáze – test v chovu sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) **18**

4.2.1. Materiál a metodika 18

4.2.2. Výsledky druhé fáze 22

4.3. Závěry z obou fází testování **34**

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE PRO PODNIKATELSKÝ SUBJEKT **35**

6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE VE VÝROBĚ PODNIKATELSKÉHO SUBJEKTU **35**

7. SEZNAM LITERATURY **36**

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ALA – alfa-linolenová kyselina (18:3n-3)
ARA – arachidonová kyselina (20:4n-6)
DHA – dokosahexaenová kyselina (22:6n-3)
DPA – dokosapentaenová kyselina (22:5n-3)
EPA – eikosapentaenová kyselina (20:5n-3)
HUFA – vysoce nenasycené mastné kyseliny; ≥20 uhlíků, ≥3 dvojné vazby (z angl. *highly unsaturated fatty acids*)
LA – linolová kyselina (18:2n-6)
MUFA – mononenasycené mastné kyseliny (z angl. *monounsaturated fatty acids*)
PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (z angl. *polyunsaturated fatty acids*)
SFA – nasycené mastné kyseliny (z angl. *saturated fatty acids*)

1. ÚVOD DO PROBLÉMU

1.1. Rybí olej v akvakultuře

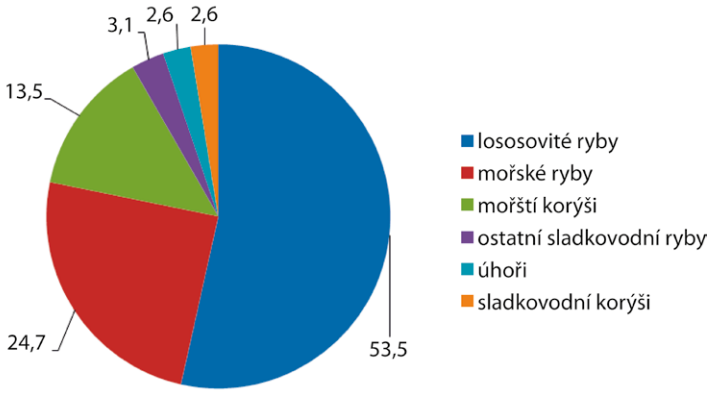
Jakýkoli systém chovu hospodářských zvířat, ať už se odehrává na pevnině nebo ve vodě, vyžaduje dostupné zdroje krmiv. Dva klíčové biologické zdroje krmných komponent pro akvakulturu jsou rybí moučka a rybí olej. Obě tyto suroviny mají původ v tradičním, především mořském, rybolovu (De Silva a kol., 2011). Světový rybolov se však velmi přiblížil (někde již překročil) hranici, kdy nastává tzv. *„overfishing“*. To je stav, kdy jsou populace ryb „přelovované“ a neschopné přirozené obnovy svých stavů. U některých druhů reálně hrozí vyhynutí, pokud nebude zajištěn management klíčových lokalit pro rozmnožování těchto ryb, popř. nebudou populace doplněny z umělých chovů, což je ale v současnosti možné pouze u omezeného počtu druhů. Stále stoupající poptávku po rybách a rybích produktech je třeba uspokojovat z dalších zdrojů (mořská a sladkovodní akvakultura).

Akvakultura je nejrychleji rostoucí odvětví v chovu zvířat. Za posledních 25 let její průměrná produkce vzrostla o cca 8,5 % za rok (FAO, 2012) a v dnešní době tvoří podíl z akvakultury zhruba polovinu celkové lidské spotřeby ryb (zbytek je představován především průmyslovým odlovem z moří a oceánů). Požadavky na rybí olej a rybí moučku, coby tradiční komponenty krmných směsí pro chov ryb, jsou tedy stále vyšší. Očekává se, že poptávka po rybím oleji pro akvakulturní průmysl předběhne možnosti jeho nabídky v následujících několika letech. Rybí olej je získáván jako „vedlejší“ produkt při výrobě rybí moučky. Obecně platí, že ze 100 kg ryb (popřípadě odpadů ze zpracování ryb) lze získat 20–23 kg rybí moučky a 5 kg rybího oleje. V posledních letech je pro přímou výrobu těchto komodit spotřebováno 25 000 000 tun ryb ročně, což představuje cca 25 % světového výlovku ryb z moří a oceánů (FAO, 2012). Tato fakta vedou k celosvětové diskuzi o možnostech využití těchto ryb pro přímou lidskou spotřebu, zejména v tzv. rozvojových zemích (Tacon a Metian, 2009). Tato diskuze neustále sílí a je podporována dalšími aspekty, jako je využívání velkého množství čerstvých ryb a rybích produktů pro výrobu krmiv pro domácí zvířata, což představuje druhý sektor, v němž nejsou ryby využívány primárně pro lidskou spotřebu (De Silva a Turchini, 2008). Zatímco produkce rybího oleje je v posledních letech poměrně stálá, jeho cena velmi kolísá. Průměrná roční produkce rybího oleje se v posledních letech pohybuje na úrovni 0,9–1 mil. tun (z čehož cca 80 % je využíváno výhradně v akvakultuře) s tržní cenou přes 1 500 amerických dolarů za tunu (FAO, 2012).

Význam použití rybí moučky a rybího oleje v krmných směsích pro ryby vychází z vynikajících nutričních vlastností těchto surovin. Rybí moučka představuje v akvakultuře nejdokonalejší zdroj proteinu v krmivech, je snadno stravitelná a obsahuje všechny esenciální aminokyseliny ve vhodném poměru. Rybí olej je považován za vynikající zdroj lipidů, především v kontextu s PUFA a HUFA řady n-3 (často rovněž označované

jako omega-3). Tyto látky jsou dieteticky velmi ceněné a budou podrobněji popsány v kapitole 1.2. Dalším aspektem je nezanedbatelný obsah vitamínů rozpustných v tucích, především A a D (Rice, 2009) a dále antioxidantů (např. vitamín E, karotenoidy).

Z celé světové produkce rybího oleje je více než polovina (obr. 1) spotřebována do krmiv pro lososovité ryby. Přitom produkce lososovitých dosahuje cca 2 500 000 tun ročně, což představuje jen asi 4 % produkce ryb v akvakultuře (FAO, 2012). Je tedy nasnadě, že poměr spotřeby a produkce je v chovu lososovitých druhů značně neuspokojivý. Proto jsou hledány způsoby, jak omezit množství rybí moučky a rybího oleje v krmivech pro lososovité ryby a zároveň udržet rozvoj chovu a vysokou kvalitu rybího masa. Jeden z těchto způsobů je reprezentován níže testovanou technologií „*finishing feeding*“ (podrobněji viz kapitola 1.3.).



Obr. 1. *Procentický podíl využití rybího oleje v krmivech pro ryby (upraveno dle Tacona a kol., 2011).*

1.2. Mastné kyseliny a lidské zdraví

Obecně lze mastné kyseliny rozdělit na nasycené; SFA, mononenasycené; MUFA a polynenasycené; PUFA. Někteří autoři rozlišují ještě další skupinu, tzv. vysoce nenasycené mastné kyseliny; HUFA. Zatímco SFA, MUFA a PUFA jsou typickými zástupci ve výživě lidí v ČR, HUFA v našem jídelníčku často chybí nebo nejsou konzumovány v dostatečném množství. Konzumace n-3 HUFA, zejména EPA a DHA, byla mnohokrát prokázána jako lidskému zdraví prospěšná (Simopoulos, 2002, 2008; Mozaffarian a Rimm, 2006; Adamkova a kol., 2011). Tyto mastné kyseliny hrají nezastupitelnou roli v mnoha fyziologických pochodech, včetně vývoje mozku. Působí v těle protizánětlivě, udržují homeostázi buněk a v neposlední řadě jsou důležité v prevenci kardiovaskulár-

ních onemocnění (Calder a Yaqoob, 2009). Vedle zastoupení jednotlivých HUFA ve výživě je sledován rovněž poměr n-3:n-6. Zatímco doporučované hodnoty se pohybují v rozmezí 1 : 1 – 1 : 5, současný stav v lidské výživě tzv. „západního typu“ dosahuje 1 : 15 – 1 : 40 (Simopoulos, 2008). Tento fakt se významnou měrou podílí na propuknutí onemocnění oběhového systému a mnoha tzv. civilizačních onemocnění. Detailnější popis struktury mastných kyselin, principy jejich fungování a faktory ovlivňující zastoupení mastných kyselin v rybí svalovině jsou shrnuty v publikacích (Zajíc a kol., 2011; Mráz a kol., 2012).

Ryby, respektive rybí tuk, jsou nejdůležitějším zdrojem HUFA v lidské výživě a jejich konzumace je doporučována dietology i lékaři. Evropský úřad pro bezpečnost potravin (*European Food Safety Authority* – EFSA) a světová zdravotnická organizace (*World Health Organization* – WHO) doporučují pro běžnou populaci příjem rybího masa nejméně dvakrát týdně, respektive 250 mg EPA + DHA denně (EFSA, 2009). I přes zdravotní benefity plynoucí z konzumace rybího masa je jeho spotřeba v ČR na úrovni pouhých 5,5 kg ročně na osobu, přičemž sladkovodní ryby tvoří jen 1,5 kg z tohoto množství (MZe ČR, 2011).

1.3. Popis technologie „*finishing feeding*“

Jednou z možností, jak řešit problematiku rybího oleje, která je celosvětově studována a vyvíjena především v chovu lososovitých ryb, je použití technologie *finishing feeding*. Jedná se o využití krmiva založeného na méně hodnotných, avšak podstatně levnějších a dlouhodobě udržitelných rostlinných olejích. Až v posledních několika týdnech před dodáním na trh se ryby krmí dietou obsahující rybí olej pro vylepšení kompozice n-3 HUFA (Regost a kol., 2003; Bell a kol., 2003, 2005; Torstensen a kol., 2004, 2005; Lane a kol., 2006). Pro tuto technologii byl Robinem a kol. (2003) vytvořen matematický ředicí model, kterým lze s vysokou přesností předpovědět změny v kompozici mastných kyselin ve svalovém tuku ryb a který byl ověřen Joblingem (2004).

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

kde:

P_T – předpovídaná % mastné kyseliny ve filetu testované ryby v čase T
P_K – % MK ve filetu kontrolní ryby v čase T
P_0 – % MK ve filetu testované ryby před začátkem fáze „*finishing feeding*“
Q_T – součinitel hmotnosti ryby (kg) a obsahu tuku (%) ve filetu testované ryby v čase T
Q_0 – součinitel hmotnosti ryby (kg) a obsahu tuku (%) ve filetu testované ryby před začátkem fáze „*finishing feeding*“

V tomto systému výkrmu se efektivněji využívají limitující zdroje rybího oleje a zároveň se produkují ryby s vysokou a definovatelnou nutriční hodnotou. V podmínkách ČR byla tato technologie experimentálně vyzkoušena na kapru obecném (*Cyprinus carpio*) Mrázem a kol. (2012). Doposud však nedošlo k cílené implementaci do podmínek rybářského provozu.

1.4. Kapr obecný (*Cyprinus carpio*)

Kapr obecný je jednou z nejvíce chovaných ryb na světě s roční produkcí přes 3 mil. tun (FAO, 2012). Zároveň se jedná o nejvíce chovanou rybu v ČR s produkcí cca 20 tis. tun za rok (MZe ČR, 2011). Z pohledu hospodářského významu kapra obecného se jeví možnost zvýšení obsahu n-3 mastných kyselin, a především jejich předem definovatelné zastoupení ve svalovině, jako perspektivní. Optimalizace kompozice mastných kyselin u této ryby byla studována již dříve (Mráz a Picková, 2011; Zajíc a kol., 2011; Mráz a kol., 2012a,b) a samotné výsledky celé první fáze testování technologie *„finishing feeding"* byly rovněž úspěšně publikovány (Mráz a kol., 2012).

1.5. Siven americký (*Salvelinus fontinalis*)

Siven americký je ryba původem z východní části Severní Ameriky, k nám byl dovezen koncem 19. století. Dnes se jeho roční produkce v ČR pohybuje na úrovni přes 200 tun (MZe ČR, 2011), přičemž jeho význam v posledních letech stoupá. Ve své domovině je chován především pro sportovní rybolov. V našich podmínkách je ceněna jeho schopnost snášet nízké pH ve srovnání se pstruhem duhovým (*Oncorhynchus mykiss*) a dále jeho kvalitní svalovina a vyšší tržní cena. Potravní nároky má srovnatelné se pstruhem duhovým (Guillou a kol., 1995).

Problémem v intenzivním chovu sivena amerického je raná pohlavní dospělost nastávající v průběhu výkrmu, a s tím související změny ve využití živin z přijatého krmiva a zvyšování agresivity mlíčáků. Tento problém lze v akvakultuře řešit používáním triploidních nebo monosexních obsádek (Boulanger, 1991; Deeley a Benfey, 1995; Piferrer a kol., 2009). Schopnost indukovat triploidii s potenciálem implementace do provozních podmínek chovu v ČR byla řešena také na FROV JU (Havelka a kol., 2012). V podmínkách tohoto testování byli použiti jedinci obou pohlaví, jak je běžné v chovných podmínkách partnera projektu. Pro účely experimentu byl poměr pohlaví uvažován jako vyrovnaný, tedy 1 : 1.

2. CÍL

Cílem testování je zavedení ověřené technologie *„finishing feeding“* do chovu ryb v České republice. V experimentálních sledováních bylo mnohokrát prokázáno, že částečné nahrazení rybího oleje, coby zdroje tuku v krmné směsi pro ryby, nijak negativně neovlivňuje růst a zdravotní stav chovaných ryb (Guillou a kol., 1995; Jobling, 2004; Torstensen a kol., 2005). Pravděpodobně jediným negativním efektem nahrazení rybího oleje rostlinným je snížení obsahu HUFA v rybím mase (filetu). Technologie *„finishing feeding“* je inovativní v tom, že poskytuje možnost zachovat vysoký obsah HUFA ve filetu, protože lze matematicky odvodit dobu potřebnou pro úpravu kompozice mastných kyselin na požadovanou úroveň. Tím lze jednak ušetřit finanční prostředky v chovu, protože rybí olej je v porovnání s rostlinným obecně dražší, a jednak má tato inovativnost dopad na udržitelnost chovu ryb vzhledem k omezenosti zdrojů rybího oleje a rychle se rozvíjející akvakultuře.

Prvním cílem (kapitola 4.1.) bylo experimentálně vyzkoušet funkčnost této technologie na kapru obecném. V chovu této ryby v ČR není zvykem používat kompletní krmné směsi s obsahem rybího oleje. Nicméně docílení omezené produkce kapra s kvalitativními parametry tuku blížícími se mořským druhům ryb se jeví jako potenciálně výhodné se zaměřením na konzumenty v lázních a rekonvalescenty po zákrocích v oblasti srdce, resp. celého kardiovaskulárního systému.

Nejdůležitějším cílem (kapitola 4.2) bylo použít a ověřit technologii *„finishing feeding“* v chovu lososovitých ryb (v tomto případě siven americký). Zde je důvodem omezení použití rybího oleje v krmivech za účelem snížení nákladů a zároveň přispění k aplikaci vědeckých poznatků do praxe.

3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA

První, pokusná fáze technologie (kapitola 4.1.), byla ověřována na Experimentálním rybochovném pracovišti Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU) ve Vodňanech. Druhá, provozní fáze (kapitola 4.2.), byla realizována v rámci pilotního projektu CZ.1.25/3.4.00/11.00395 ve spolupráci se společností Klatovské rybářství, a.s., konkrétně v provozních podmínkách průtočného systému Pstruhařství Annín.

Analytická část experimentů probíhala na Oddělení potravinářských věd na Švédské zemědělské univerzitě v Uppsale (SLU; Švédsko) a v Laboratoři výživy a kvality masa ryb FROV JU v Českých Budějovicích.

4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY

Samotné testování technologie *„finishing feeding"* bylo rozděleno do dvou fází. V první fázi (kapitola 4.1.) byla tato technologie testována na kapru obecném v experimentálních podmínkách FROV JU ve Vodňanech. Tímto testem bylo ověřeno, že samotný princip technologie funguje vedle popsaných druhů ryb i v chovu kapra, který není primárně realizován s využitím kompletních krmných směsí s obsahem rybího oleje. Na základě dosažených výsledků bylo přistoupeno k provedení druhé fáze testování (kapitola 4.2.). V tomto případě byl test proveden přímo v produkčních podmínkách průtočného systému na sivenu americkém. Realizací druhé fáze testování byla potvrzena funkčnost technologie a její možná aplikace v provozních podmínkách.

4.1. První fáze – test v chovu kapra obecného (*Cyprinus carpio*)

První (přípravná) fáze byla realizována na Experimentálním rybochovném pracovišti FROV JU ve Vodňanech (GPS 49°9´15,2´´ N; 14°10´9,7´´ E) v recirkulačním akvakulturním systému.

4.1.1. Materiál a metodika

Použitá krmiva měla základ v sójovém šrotu a obilovinách, tedy v komponentech rostlinného původu. Záměrně nebyla použita rybí moučka, a to ze tří důvodů:

- její použití není v chovu kapra běžné;
- coby zdroj proteinu v krmné směsi je ve srovnání se sójou a obilovinami dražší;
- přirozeně obsahuje podíl rybího oleje a jejím použitím by mohly být zkresleny výsledky testování.

Základ obou diet byl stejný (viz tab. 1), měnil se pouze zdroj lipidů. První dieta (RO; rostlinný olej) obsahovala jako zdroj lipidů směs řepkového a lněného oleje (v poměru 3 : 2). Druhá dieta (FO; *fish oil* = rybí olej) obsahovala jako zdroj lipidů rybí olej. Obsah mastných kyselin v pokusných dietách uvádí tab. 2.

Tab. 1. *Nutriční složení experimentálních krmných směsí (%) pro ověření použitelnosti technologie „finishing feeding" v chovu kapra.*

		Sušina	BNLV	N-látky	Tuk	Vláknina	Popel
Dieta	**RO**	94,8	44,1	34,1	8,5	3,5	4,6
	FO	96,9	44,2	34,6	8,8	3,7	5,6

RO dieta s rostlinným olejem; FO dieta s rybím olejem; BNLV bezdusíkaté látky výtažkové; N-látky dusíkaté látky

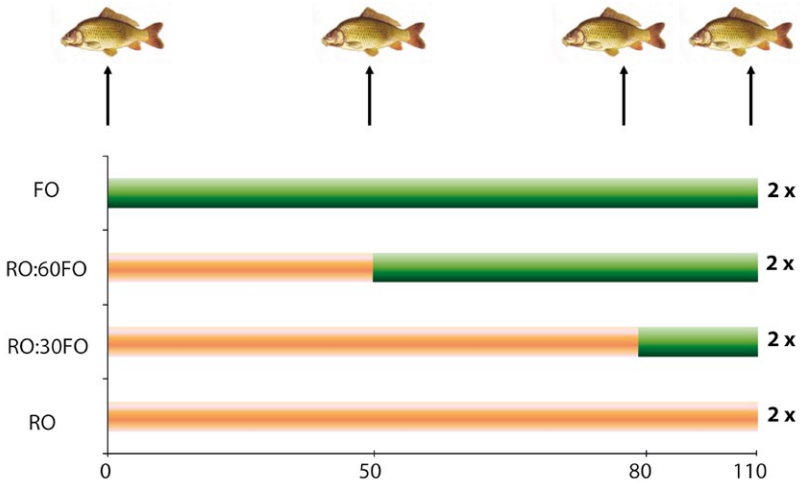
Tab. 2. *Obsah mastných kyselin (% z identifikovaných) v experimentálních směsích pro ověření použitelnosti technologie „finishing feeding“ v chovu kapra.*

		SFA	MUFA	PUFA	n-3 HUFA	Poměr n-6/n-3
Dieta	**RO**	11,8	31,0	57,2	0	12,7
	FO	27,9	34,6	37,5	15,7	0,8

RO dieta s rostlinným olejem; FO dieta s rybím olejem; SFA nasycené mastné kyseliny; MUFA mononenasycené mastné kyseliny; PUFA polynenasycené mastné kyseliny; n-3 HUFA vysoce nenasycené mastné kyseliny řady n-3

Použita byla dvouletá násada kapra (K_2) o průměrné hmotnosti 780 g. Ryby byly přemístěny z rybníka do Experimentálního rybochovného pracoviště FROV JU ve Vodňanech. Násadové ryby byly rozděleny do 8 skupin po 10 kusech a každá skupina byla umístěna do samostatné 1 m^3 čtvercové nádrže. Hladina vody byla nastavena na 40 cm (objem vody 400 litrů). Přítok byl zajištěn dobře prokysličenou vodou z recirkulačního systému, která prošla mechanickou a biologickou filtrací. Krmivo bylo předkládáno v množství 1,5 % aktuální hmotnosti ryb v nádrži. Ryby byly sloveny 1x za 14 dnů a zváženy pro korekci krmné dávky. Experiment trval 110 dní. První skupina byla krmena po celou dobu dietou RO, další skupina byla prvních 50 dní krmena dietou RO s následným přechodem na dietu FO po zbylých 60 dní experimentu. Další skupina byla prvních 80 dní krmena dietou RO a zbylých 30 dní dietou FO. Poslední skupina ryb sloužila jako kontrola a byla krmena dietou FO po celou dobu experimentu. U pokusných skupin kapra byla tedy aplikována technologie *„finishing feeding“* po dobu 30, respektive 60 dní. Po 50, 80 a 110 dnech byly odebrány vzorky svaloviny (levý filet tak, aby vzorek obsahoval všechny jedlé části, tzn. světlou i tmavou svalovinu, břišní část i kůži), vždy 3 ks ryb z nádrže (experimentální design viz obr. 2). Odebrané vzorky byly zabaleny, označeny a zmrazeny v tekutém dusíku (-196 °C) a skladovány v hlubokomrazícím boxu při -80 °C. Následně byly vzorky převezeny na suchém ledu (tuhý CO_2) na Švédskou zemědělskou univerzitu do Uppsaly, kde byly analyzovány.

Po přepravě do Švédska byly vzorky rozmraženy a vždy celý filet homogenizován stolním kutrem. Homogenizace byla provedena, aby bylo zabezpečeno, že následně odebraný vzorek bude reprezentativní a bude obsahovat všechny části filetu. Lipidy ze vzorků byly extrahovány hexan-isopropanolem podle Hara a Radin (1978). Mastné kyseliny byly metylovány (Appelqvist, 1968) a následně analyzovány plynovou chromatografií (Varian CP3800, Stockholm, Švédsko) vybavenou plameno-ionizačním detektorem se split injektorem a osazenou (50 mm délka x 0,22 mm průměr x 0,25 µm tloušťkou filmu BPX 70) kapilární kolonou (SGE, Austin, TX, USA) (Fredriksson-Eriksson a Picková, 2007). Mastné kyseliny byly identifikovány porovnáním retenčního času se standardem GLC-461 (Nu-Check Prep, Inc., Elysian, MN, USA).



Obr. 2. *Experimentální design první fáze testování technologie „finishing feeding". RO rostlinný olej; FO rybí olej.*

4.1.2. Výsledky první fáze

4.1.2.1. Produkční ukazatele

Růst, příjem i konverze krmiva se nelišily mezi skupinami FO a RO. Skupiny RO : 30FO a RO : 60FO měly mírně snížený příjem krmiva a růst poté, co u nich bylo změněno krmivo (tab. 3). Daná skutečnost byla pravděpodobně dána faktorem stresu při změně dietního režimu. Proto je v praktických podmínkách vhodné, aby přechod mezi dietními režimy byl pozvolný, a ryba se tak postupně přeučila na nově předkládanou dietu.

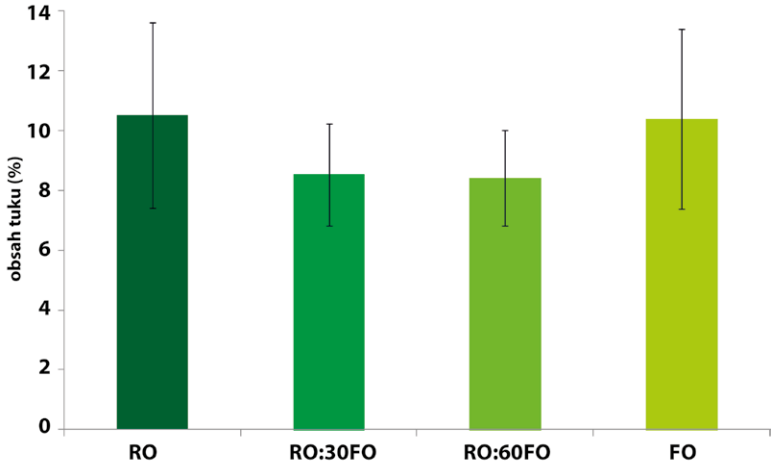
Tab. 3. *Základní produkční ukazatele testování technologie „finishing feeding" v chovu kapra (data jsou průměrem duplikátů).*

	Přežití	Finální kusová hmotnost	FCR	SGR
	%	$g.ks^{-1}$		$\%.den^{-1}$
RO	100	1 610	1,76	0,66
RO:30FO	95	1 466	1,96	0,58
RO:60FO	100	1 407	1,73	0,56
FO	95	1 624	1,69	0,67

FCR *feed conversion ratio* (koeficient konverze krmiva), SGR *specific growth rate* (specifická rychlost růstu); RO dieta s rostlinným olejem, FO dieta s rybím olejem

4.1.2.2. Obsah tuku a kompozice mastných kyselin

Obsah tuku ve filetu testovaných skupin kapra na konci experimentu (obr. 3) byl lehce snížen u skupin RO:30FO a RO:60FO. Důvodem je výše zmíněné zpomalení růstu v období změny typu krmiva. Tyto rozdíly však nejsou statisticky průkazné.

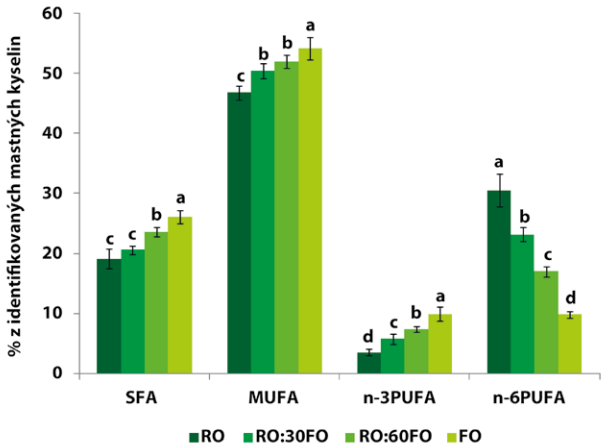


Obr. 3. *Obsah tuku (%) ve filetu pokusných ryb (FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem) na konci testu technologie „finishing feeding“ v chovu kapra (průměr ± směrodatná odchylka, n = 6).*

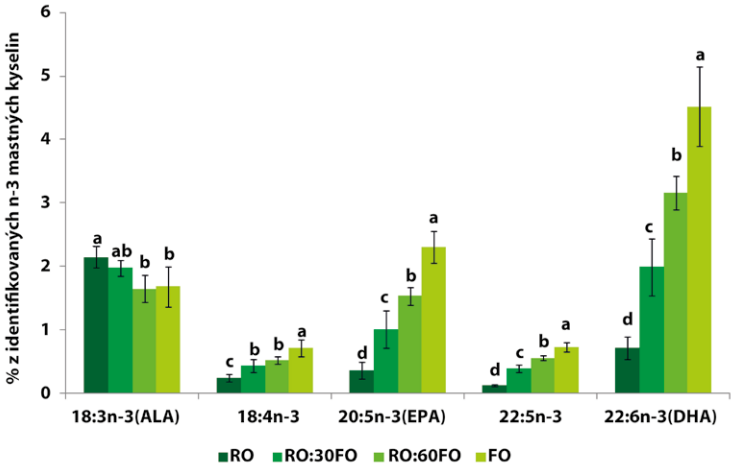
Kompozice mastných kyselin v celkovém tuku testovaných ryb statisticky průkazně odráží typ diety, kterou byla daná skupina krmena. Na obr. 4 je znázorněn procentuální obsah hlavních skupin mastných kyselin; na obr. 5 potom podíl jednotlivých kyselin řady omega-3. Z obou obrázků je patrný nárůst u SFA, MUFA a jednotlivých n-3 PUFA (s výjimkou alfa-linolenové kyseliny – 18:3n-3), zatímco obsah n-6 PUFA a podíl n-6/n-3 se snižoval s prodlužující se délkou krmení rybím olejem. Zatímco většina rostlinných olejů (zde v dietě RO) je charakteristických vysokým obsahem n-6 PUFA (zejména kyseliny linolové – 18:2n-6), rybí olej (zde v dietě FO) je tvořen převážně z n-3 PUFA.

Kompozice mastných kyselin na konci experimentu u skupiny s „*finishing feeding*“ režimem byly porovnávány s předpovídanými hodnotami vypočítanými pomocí jednoduchého ředicího modelu (obr. 6). Stejně jako u lososovitých ryb, pro které byl vyvinut, dává i v případě kapra tento model velmi dobrý odhad profilu mastných kyselin. Sklon regresní křivky tohoto modelu je velmi blízký linii shodnosti. Tento ředicí model popisuje změnu v procentuálním množství jednotlivých mastných kyselin v tkáni, jestliže je přidáno určité množství dalších mastných kyselin. Jinými slovy, pokud se změní druh předkládaného krmiva, tak se kompozice mastných kyselin ve svalovině chované ryby mění v čase s množstvím ukládaných nových mastných kyselin. Tato změna je

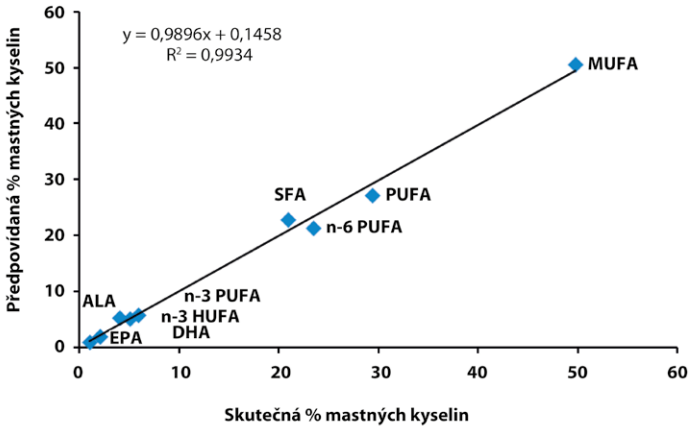
tím větší, čím větší je rozdíl v profilech mezi krmivy a čím větší je absolutní přírůstek tuku. Praktická implementace získaných výsledků bude podrobněji popsána v kapitole 4.2.2.4.



Obr. 4. *Zastoupení hlavních skupin mastných kyselin (% z identifikovaných) ve filetu kapra na konci testování technologie „finishing feeding" (průměr ± směrodatná odchylka, n = 6). Rozdílná písmena označují statistické rozdíly (p < 0,05). FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*



Obr. 5. *Kompozice n-3 mastných kyselin (% z identifikovaných) ve filetu kapra na konci testování technologie „finishing feeding" (průměr ± směrodatná odchylka, n = 6). Rozdílná písmena označují statistické rozdíly (p < 0,05). FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*



Obr. 6. *Graf předpovědi % mastných kyselin ve filetu ryb ze skupiny RO:30FO. Pozorované hodnoty jsou průměrem (n = 6). Regresní přímka znázorňuje linii předpovědi. ALA-alfa linolenová kyselina; DHA dokosahexaenová kyselina; EPA eikosapentaenová kyselina; HUFA vysoce nenasycené mastné kyseliny; LA linolová kyselina; MUFA mononenasycené mastné kyseliny; PUFA polynenasycené mastné kyseliny; SFA nasycené mastné kyseliny.*

Jedna porce (200 g) kapra ze skupin FO a RO obsahuje 1 200 mg, respektive 190 mg EPA + DHA. Na základě předpovědi kompozice mastných kyselin získané ředicím modelem a zde zjištěných skutečných hodnot konstatujeme, že etapa *„finishing feeding“*, nutná k dosažení 250 mg EPA + DHA ve dvou 200g porcích kapra, je 70 dní (250 mg x 7 dní = 1 750 mg / 2 porce = 875 mg / porci). Zastoupení nejdůležitějších mastných kyselin v mg.100 g^{-1} svaloviny v jednotlivých experimentálních skupinách uvádí tab. 4.

Tab. 4. *Zastoupení polynenasycených a vysoce nenasycených mastných kyselin (mg.100 g^{-1}) ve svalovině kapra obecného po 110 dnech experimentu. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka (n = 6).*

	FO	RO:60FO	RO:30FO	RO
18:2n-6 (LA)	776 ± 133	1 102 ± 184	1 521 ± 202	2 304 ± 278
18:3n-6	3 ± 1	37 ± 8	50 ± 9	82 ± 12
20:2n-6	27 ± 9	27 ± 6	27 ± 6	39 ± 6
20:3n-6	22 ± 7	35 ± 5	41 ± 8	69 ± 10
20:4n-6 (ARA)	47 ± 13	71 ± 12	89 ± 15	142 ± 23
18:3n-3 (ALA)	150 ± 31	123 ± 20	147 ± 25	187 ± 31
18:4n-3	63 ± 15	39 ± 7	32 ± 5	21 ± 3
20:5n-3 (EPA)	206 ± 52	115 ± 17	75 ± 11	31 ± 4
22:5n-3 (DPA)	65 ± 13	41 ± 8	29 ± 3	10 ± 3
22:6n-3 (DHA)	403 ± 48	236 ± 32	149 ± 21	62 ± 10
ΣSFA	2 326 ± 395	1 767 ± 233	1 542 ± 254	1 668 ± 303
ΣMUFA	4 821 ± 818	3 888 ± 598	3 766 ± 616	4 078 ± 795
ΣPUFA	1 761 ± 260	1 825 ± 301	2 164 ± 305	2 967 ± 555
Σn-3 PUFA	886 ± 123	554 ± 74	432 ± 56	311 ± 50
Σn-6 PUFA	875 ± 111	1 271 ± 166	1 733 ± 325	2 656 ± 412
Σn-3 HUFA	673 ± 98	392 ± 70	252 ± 40	103 ± 17
ΣEPA+DHA	608 ± 80	351 ± 54	223 ± 33	93 ± 14

FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem; názvy kyselin viz Seznam použitých zkratek

První fáze testování technologie *„finishing feeding"* proběhla úspěšně. Byla potvrzena funkčnost ředicího modelu pro velmi přesný výpočet zastoupení mastných kyselin ve filetu kapra. Následně bylo přistoupeno k druhé fázi testování této technologie – aplikace do praktických podmínek chovu lososovitých ryb, konkrétně sivena amerického.

4.2. Druhá fáze – test v chovu sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*)

4.2.1. Materiál a metodika

Při testování *„finishing feeding"* v chovu sivena amerického byla použita kompletní krmná směs, dodaná společností Biomar (Biomar Ltd., Aarhus, Dánsko). Obsah lipidů byl záměrně snížen na ½ a do pelet byl následně manuálně přidán rybí (dieta FO) nebo řepkový (dieta RO) olej tak, aby hotové krmivo obsahovalo 26 % tuku. Velikost pelet na začátku testu byla 3 mm, v průběhu testu pak byla tato velikost upravena na 4,5 mm. Denní krmná dávka byla nastavena podle doporučení výrobce a následně v průběhu

pokusu dle ochoty ryb krmivo přijímat v rozmezí 0,8–1,5 % aktuální hmotnosti obsádky. Nutriční složení základní krmné směsi udává tabulka 5, kompozici mastných kyselin tab. 6.

Tab. 5. *Nutriční složení použité základní krmné směsi pro testování technologie „finishing feeding“ v chovu sivena amerického.*

N-Látky	Tuk	BNLV	Vláknina	Popel	Celkový P	SE
%	%	%	%	%	%	MJ/kg
44–48	26*	15,0	2,8	6,5	0,9	19,9

BNLV – bezdusíkaté látky výtažkové; N-látky – dusíkaté látky; SE – stravitelná energie;
*laboratorně verifikovaný obsah tuku po dotukování

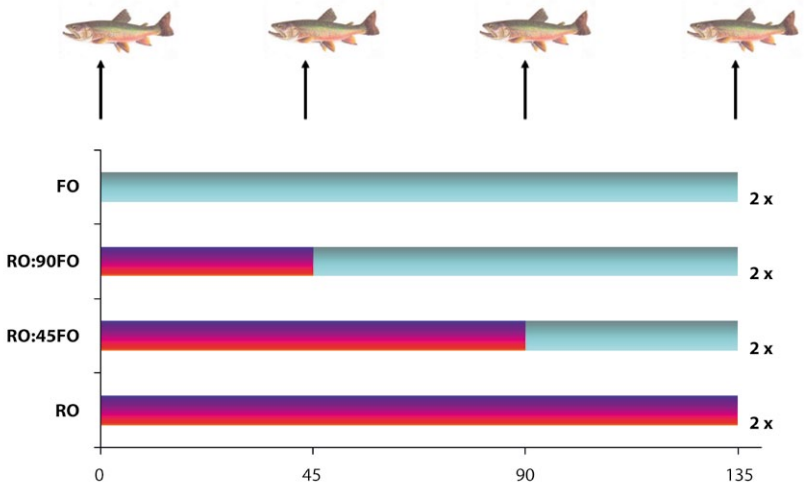
Tab. 6. *Kompozice mastných kyselin (% z identifikovaných) v experimentálních krmných směsích pro ověření technologie „finishing feeding“ v chovu sivena.*

		SFA	MUFA	PUFA	n-3 HUFA	Poměr n-6/n-3
Dieta	**FO**	30,6	27,0	42,4	25,8	0,5
	RO	23,2	34,9	42,0	16,3	1,0

FO – dieta s rybím olejem; RO – dieta s řepkovým olejem; SFA – nasycené mastné kyseliny; MUFA – mononenasycené mastné kyseliny; PUFA – polynenasycené mastné kyseliny; n-3 HUFA – vysoce nenasycené mastné kyseliny řady n-3

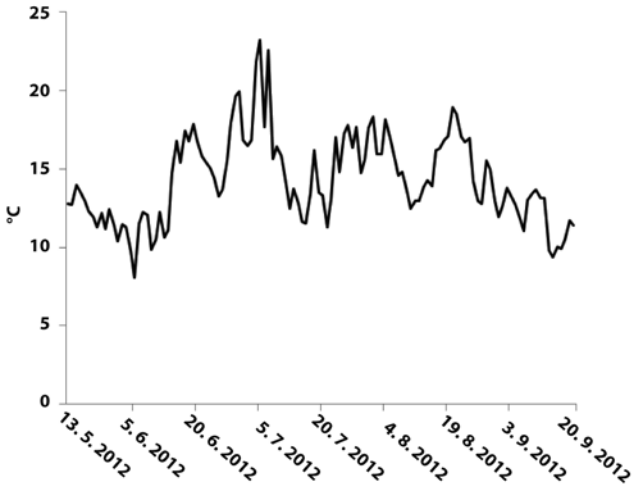
Pro testování *„finishing feeding“* v praktických podmínkách bylo zvoleno 8 průtočných betonových kanálů (1 x 1 x 8 m) s přítokem čisté, prokysličené vody (foto 1) z řeky Otavy na pstruhařství Annín při přirozené fotoperiodě. Experiment probíhal celkem 135 dní, a to v měsících květnu až září 2012 podle designu znázorněném na obrázku 7. Siveni určení pro experiment byli váženi v předem vytárované nádobě s vodou, vždy po 50 kusech na váze s přesností ± 10 g. Kromě toho bylo jednotlivě zváženo 33 ks ryb s přesností 0,1 g pro určení přesné průměrné hmotnosti násadových sivenů, která činila 156,3 ± 4,9 g. Do každého žlabu bylo nasazeno 300 ks ryb. Do přítokové vody byl umístěn stacionární teplotní datalogger Minikin (EMS, Brno, Česká republika) zaznamenávající každých 30 minut aktuální teplotu vody po celou dobu experimentu (obr. 8).

Jak je patrné z obr. 7, ryby byly rozděleny do 4 skupin s opakováním, kdy kanály č. 1 a 2 byly kontrolní, s krmivem obsahujícím 100 % rybího oleje (dieta FO). Prostřední 4 kanály byly rozděleny podle plánované doby aplikace testované technologie. Siveni v kanálech č. 3 a 4 byly prvních 45 dní krmeni dietou RO, která byla po 45 dnech výkrmu nahrazena dietou FO. Ryby v kanálech č. 5 a 6 byly krmeny prvních 90 dní dietou RO s následným přechodem na dietu FO. Ryby v posledních dvou kanálech (č. 7 a 8) byly krmeny po celou dobu testování dietou RO. Kompozice mastných kyselin v použitých krmných směsích je znázorněna v tab. 6.



Obr. 7. *Experimentální design druhé fáze testování technologie „finishing feeding" v chovu sivena amerického. FO dieta s rybím olejem; RO dieta s řepkovým olejem.*

Foto 1. *Pohled na průtočný žlab použitý při testování technologie „finishing feeding" v chovu sivena amerického (foto T. Zajíc).*



Obr. 8. *Průběh teploty vody (°C) v chovných nádržích během 135denního výkrmu sivena amerického.*

Odběr vzorků (foto 2) byl prováděn při nasazení pokusu, dále po 45 a po 90 dnech a při ukončení experimentu v září 2012 (foto 3). Při každém vzorkování bylo odebráno z nádrže 10 ks ryb pro chemickou analýzu obsahu a složení tuku a dále 10 ks ryb za účelem provedení senzorické analýzy a zjištění výtěžnosti. Celkem tedy bylo odebráno 60 ks ryb z každé nádrže. Levý filet s kůží byl zabalen do hliníkové fólie, označen a vložen do nádoby s tekutým dusíkem, kde dochází k šokovému zmrazení tkáně až na -196 °C. Po dokončení vzorkování byly zmrazené části svaloviny přesunuty do hlubokomrazicího boxu, kde zůstaly při teplotě -80 °C až do dalších analýz. K oxidaci lipidů ve tkáních může docházet až do teploty cca -40 °C, proto je nutné mrazit vzorky šokově a uchovávat je při extrémně nízkých teplotách.

Jako doplňkové údaje testování technologie byly zjišťovány: výtěžnost jatečně opracovaného těla (poměr živé hmotnosti a těla ryby bez vnitřností a žaber), výtěžnost filet (poměr živé hmotnosti a hmotnosti filet bez ploutví) a senzorické vlastnosti svaloviny chovaných ryb (při každém vzorkování). Ryby určené ke stanovení výtěžnosti byly převezeny v čerstvém stavu na šupinkovém ledu do prostor experimentální zpracovny ryb FROV JU. Do výtěžnosti byly započítány všechny „jedlé“ části filetu, tzn. filet nebyl pro tyto účely nijak trimován (odstraňování břišní partie, hřbetního tuku apod.). Vzorky svaloviny odebrané na senzorickou analýzu byly uchovány v chladu (4 °C) do druhého dne, kdy byly hodnoceny podle metodiky Vejsady a Váchy (2010). Důvodem zjišťování výtěžnosti a senzorických vlastností byl hypotetický vliv náhrady rybího oleje v krmivu olejem rostlinným na tyto charakteristiky.

Chemická analýza byla provedena stejnými metodami, popsanými již dříve v kapitole 4.1.1. s tím rozdílem, že vzorky nebyly přepravovány do Švédska, ale byly analyzovány v Laboratoři výživy a kvality masa ryb FROV JU. Model předpovědi byl počítán pro skupiny RO:90FO a RO:45FO podle vzorce popsaného v kapitole 1.3.

Foto 2. *Vzorky svaloviny sivena amerického odebrané pro chemickou (vlevo) a senzorickou (vpravo) analýzu (foto T. Zajíc).*

4.2.2. Výsledky druhé fáze

4.2.2.1. Produkční ukazatele

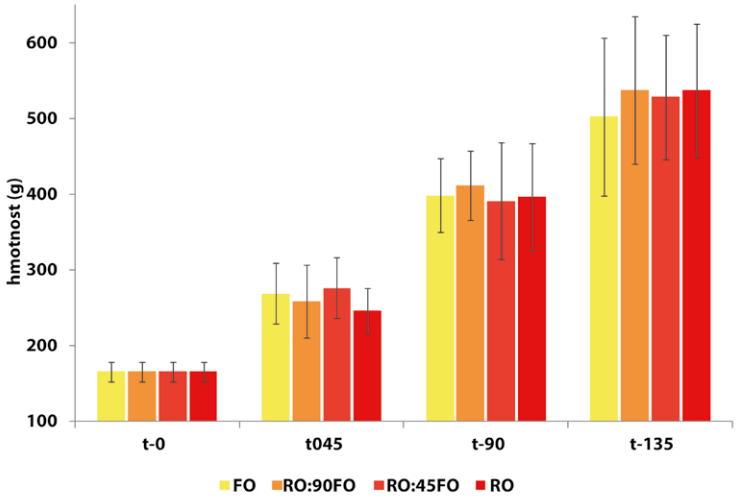
Úhyn se pohyboval v rozmezí 3,0–4,3 % ve všech nádržích (tab. 7). Většina úhynů souvisí s krátkodobě vysokými teplotami vody, popřípadě s přívalovými dešti a následným zákalem vody v průtočných žlabech. Experimentálně nebylo potvrzeno, že by použití řepkového oleje v dietě mělo signifikantní vliv na růst ryb (obr. 9). Neprokázal se ani vliv použitého krmiva na „rozrůstání“ obsádky, variabilita v hmotnostech je srovnatelně vysoká ve všech nádržích. Detailní přehled produkčních ukazatelů uvádí tab. 7.

Tab. 7. *Produkční ukazatele testování technologie „finishing feeding“ v chovu sivena amerického.*

Skupina	Nasazeno ks	Celková hmotnost nasazení	Ø hmotnost nasazení g.ks^{-1}	Vyloveno ks	Celková hmotnost při výlovu	Ø hmotnost výlovu g.ks^{-1}	Ztráty úhynem ks / %	FCR	SGR
FO	300	47,8	159	228	132,6	473	9 / 3	1,06	0,91
FO	300	47,2	157	227	135,1	489	13 / 4,3	1,03	0,93
RO:90FO	300	47,2	157	230	140,1	511	10 / 3,3	1,01	0,97
RO:90FO	300	48,5	161	229	145	529	11 / 3,6	0,95	0,98
RO:45FO	300	44,2	147	228	136,3	520	12 / 4	1,01	1,04
RO:45FO	300	47,6	158	230	141,1	495	10 / 3,3	0,96	0,94
RO	300	44,7	149	227	139,5	524	13 / 4,3	0,96	1,03
RO	300	48	160	231	140,2	517	12 / 4	0,97	0,96

FCR *feed conversion ratio* (koeficient konverze krmiva); FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem

Foto 3. *Vážení tržních sivenů amerických na konci testování (foto T. Zajíc).*



Obr. 9. *Porovnání živých hmotností sivena amerického na začátku experimentu, po 45 a 90 dnech (v časech změny diet) a po 135 dnech výkrmu (FO-dieta s rybím olejem; RO-dieta s rostlinným olejem). Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka za opakování, n = 20).*

4.2.2.2. Výtěžnost

Vždy při odběru vzorků ryb, tzn. po 45, 90 a 135 dnech trvání experimentu, byla stanovena jatečná výtěžnost chovaných ryb (foto 4a,b). Výsledky neprokazují statistickou závislost diety s částečně nahrazeným rybím olejem na procentuální podíl svaloviny sivena. Dílčí rozdíly jsou pravděpodobně dány lidským faktorem a přirozenou variabilitou. Sem patří i variabilita v závislosti na pohlaví, jak bylo popsáno v kapitole 1.5. Kompletní výsledky hodnocení výtěžnosti viz tab. 8.

Foto 4a. *Jatečně opracované tělo (JOT) a filet sivena amerického (foto T. Zajíc).*

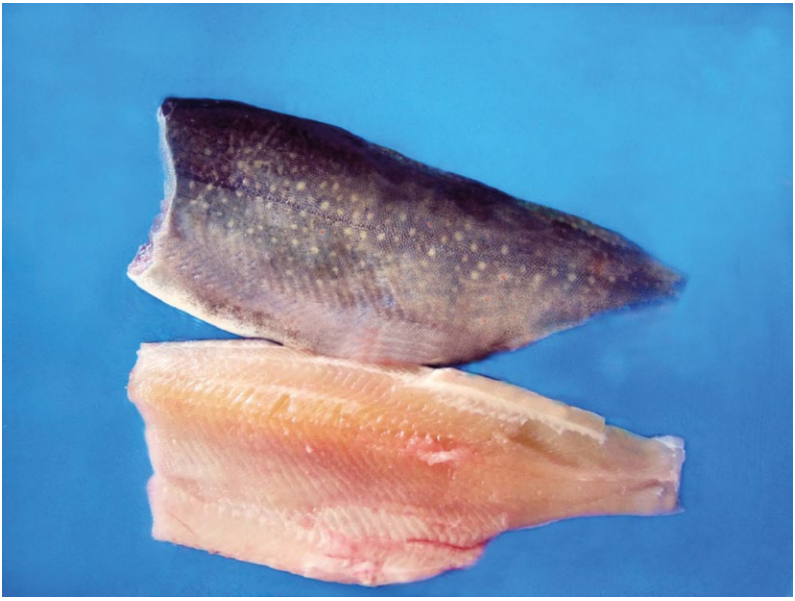


Foto 4b. *Filet sivena amerického (foto T. Zajíc).*

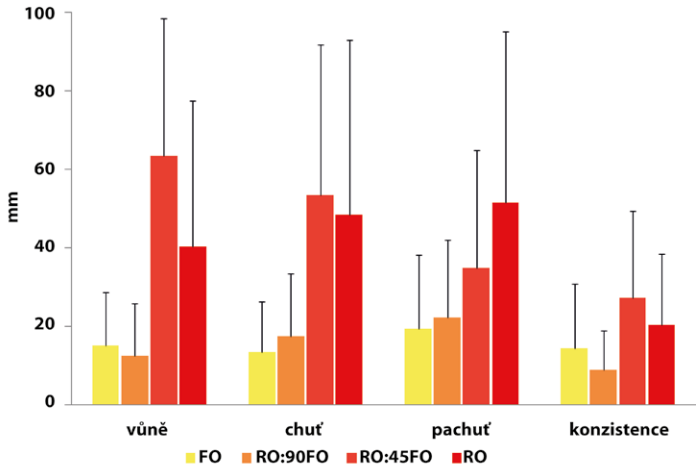
Tab. 8. *Výtěžnost (%) jatečně opracovaného těla (JOT) a filet sivena po 45, 90 a 135 dnech výkrmu směsí s částečně nahrazeným rybím olejem (průměr ± směrodatná odchylka, n = 20).*

		% JOT*	% filety
t-45	FO	82,1 ± 1,2	55,5 ± 1,8
	RO:90FO	82,7 ± 1,7	56,4 ± 1,7
	RO:45FO	81,9 ± 2,3	54,4 ± 2,4
	RO	80,7 ± 4,7	56,9 ± 2,5
t-90	FO	81,1 ± 2,2	53,8 ± 2,1
	RO:90FO	81,3 ± 1,7	52,1 ± 2,5
	RO:45FO	81,7 ± 1,6	53,2 ± 1,1
	RO	80,2 ± 5,6	53,7 ± 2,0
t-135	FO	82,0 ± 2,6	53,4 ± 1,5
	RO:90FO	81,5 ± 2,5	54,9 ± 1,8
	RO:45FO	82,5 ± 3,1	54,1 ± 2,3
	RO	82,7 ± 1,9	53,5 ± 1,5

*JOT jatečně opracované tělo (tělo s hlavou, bez vnitřností a žaber); FO dieta s rybím olejem, RO dieta s rostlinným olejem

4.2.2.3. Senzorická analýza

Senzorické hodnocení bylo provedeno celkem třikrát v průběhu experimentu, a to ve dnech 45, 90 a 135. Prezentovány jsou výsledky z posledního hodnocení, tj. po 135 dnech růstu ryb (obr. 11), kdy byly porovnávány organoleptické vlastnosti všech experimentálních skupin sivena (tzn. FO, RO:45FO, RO:90FO, RO). Zde je třeba zdůraznit, že nižší dosažená hodnota v dané vlastnosti znamená příznivější hodnocení dané skupiny.



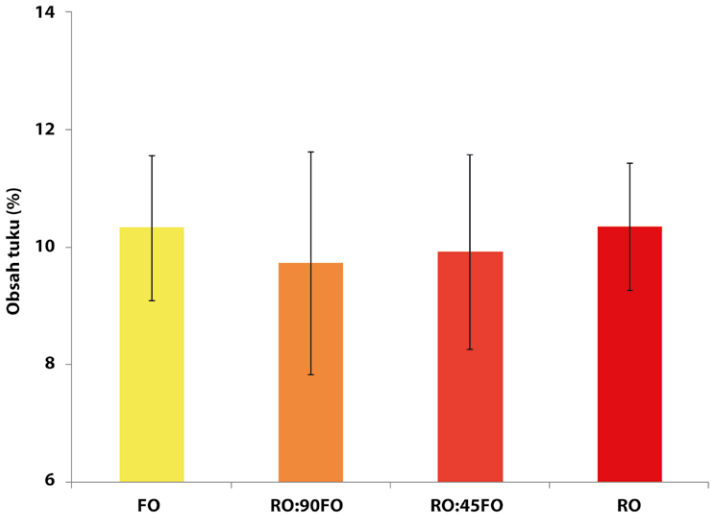
Obr. 10. *Porovnání základních senzorických ukazatelů svaloviny sivena amerického na konci experimentu. Data jsou prezentována jako průměr + směrodatná odchylka (n = 16). FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*

Nižší hodnota dané vlastnosti odpovídá lepšímu hodnocení. Výsledky tohoto testování naznačují, že jako přijatelnější ze strany konzumenta se ukazuje klasická technologie chovu s použitím rybího oleje. Důležité ale zároveň je, že ve všech provedených hodnoceních byla zaznamenána vysoká variabilita v názoru jednotlivých posuzovatelů, a data tudíž nejsou statisticky průkazná. Dalším faktem je, že ani jeden testovaný vzorek nebyl hodnocen nepříznivě. Vzorky ze skupin RO a RO:45FO vykazovaly vyšší variabilitu v hodnocení, což může svědčit o nejasném názoru hodnotitelů na maso takto chovaných ryb. Senzorickou analýzu prováděli hodnotitelé z řad běžných konzumentů bez větších zkušeností s problematikou.

4.2.2.4. Obsah tuku a kompozice mastných kyselin

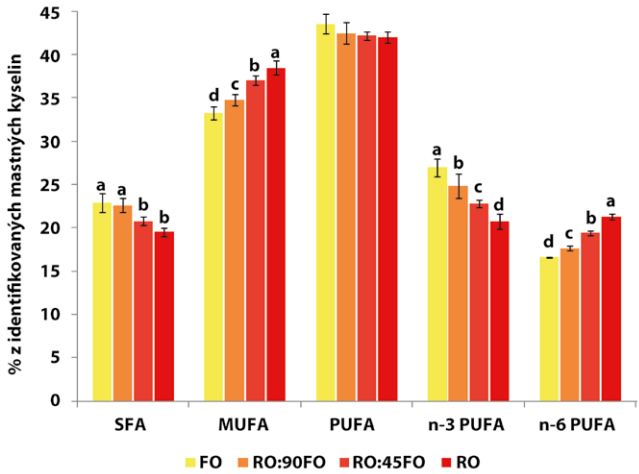
Obsah tuku ve filetu byl analyzován při každém vzorkování ryb, nicméně relevantní pro výsledky tohoto testování technologie je porovnání obsahu tuku na konci experimentu (obr. 12). Po 135 dnech byl lehce nižší obsah tuku zjištěn ve skupinách RO:90FO (9,7 ± 1,8 %) a RO:45FO (9,9 ± 1,6 %) v porovnání se skupinami FO (10,3 ± 2,2 %) a RO (10,4 ± 1,7 %). Tento stav lze s vysokou pravděpodobností vysvětlit změnami v dietním režimu těchto skupin, podobně jako rozdíly v růstu v případě testování na kapru obecném (kapitola 4.1.2.). Zatímco skupiny FO a RO byly krmeny po celou dobu stejnou krmnou směsí, zbylým rybám byla dieta během experimentu měněna, tudíž mohlo dojít k dočasnému sníženému příjmu krmiva. Rozdíly však nejsou statisticky sig-

nifikantní a nebyly potvrzeny ani případnou nižší finální kusovou hmotností těchto ryb. V případě aplikace technologie v reálné praxi lze nicméně doporučit pozvolný přechod mezi krmnými směsmi, v průběhu několika dnů, čímž lze omezit s tímto související stresové faktory.

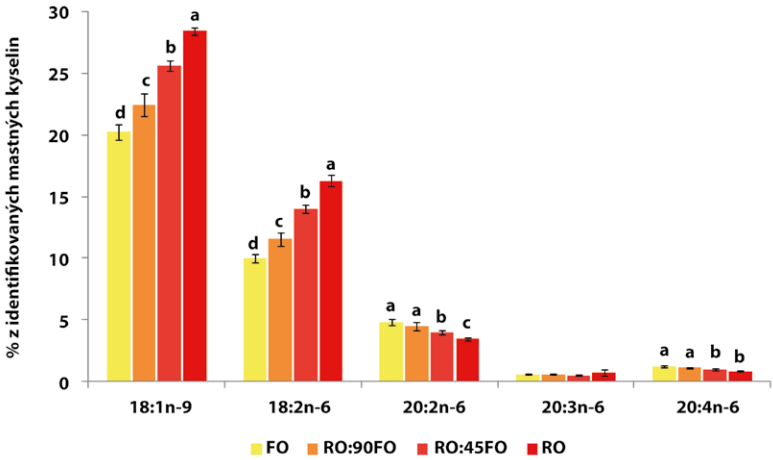


Obr. 11. *Obsah tuku (%) ve filetu sivena amerického na konci testování technologie „finishing feeding". Data jsou prezentovaná jako průměr ± směrodatná odchylka, n = 12. FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*

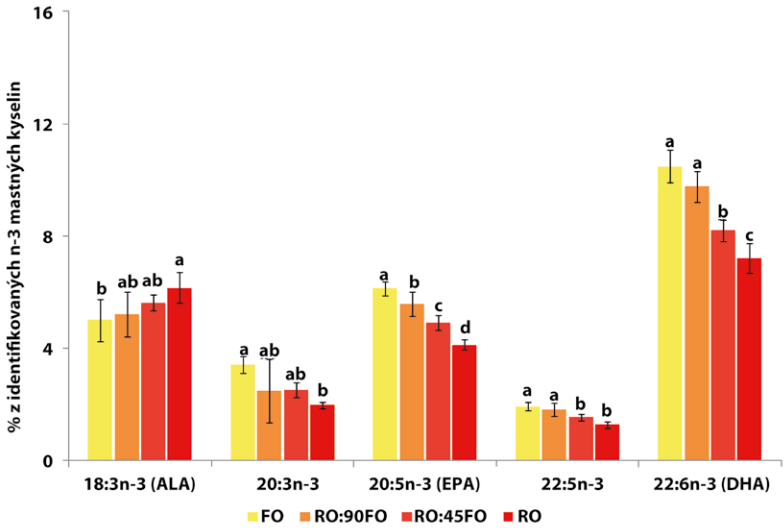
Kompozice mastných kyselin na konci experimentu zcela jasně koresponduje s typem krmné směsi, která byla chovaným rybám předkládána. Obr. 12, 13 a 14 ilustrují obsahy jednotlivých mastných kyselin podle množství a doby krmení směsí s rybím, respektive s řepkovým olejem.



Obr. 12. *Zastoupení hlavních skupin mastných kyselin (% z identifikovaných) ve filetu sivena amerického na konci testování technologie „finishing feeding“. Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka, n = 12. Rozdílná písmena označují statistické rozdíly (p < 0,05). FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*



Obr. 13. *Kompozice kyseliny olejové (18:1n-9) a n-6 mastných kyselin (% z identifikovaných) ve filetu sivena amerického na konci testování technologie „finishing feeding“. Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka, n = 12. Rozdílná písmena označují statistické rozdíly (p < 0,05). FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*



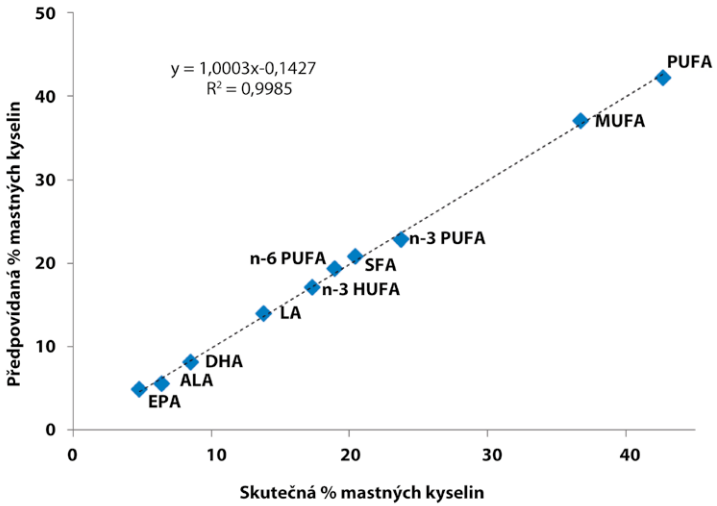
Obr. 14. *Kompozice n-3 mastných kyselin (% z identifikovaných) ve filetu sivena amerického na konci testování technologie „finishing feeding". Data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka, n = 12. Rozdílná písmena označují statistické rozdíly (p < 0,05). FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem.*

Kompozice mastných kyselin na konci experimentu u skupin s *finishing feedingem* (tzn. skupiny RO:90FO a RO:45FO) byla porovnávána s hodnotami vypočítanými pomocí ředicího modelu. Na obrázku 15 je znázorněna spolehlivost tohoto výpočtu ve srovnání se skutečně zjištěnými hodnotami. Regresní přímka, respektive její sklon, je velmi blízká linii shodnosti. Princip ředicího modelu říká, že pokud se změní druh předkládaného krmiva, pak se mění i kompozice mastných kyselin ve svalovině chovaných ryb v čase v závislosti na množství ukládaných nových mastných kyselin. Konkrétní aplikace ředicího modelu pro předpověď obsahu n-3 PUFA bude lépe popsána příkladem:

Siven je krmen nejprve krmivem s rybím olejem částečně (z 50 %) nahrazeným řepkovým olejem. Po určité době (zde po 90 dnech) se začne s použitím krmiva s rybím olejem. Siven má v době této změny hmotnost 391,3 gramů a obsah tuku ve filetu 9,37 %, přičemž obsah n-3 HUFA je 15,30 %. Použijeme ředicí model (kapitola 1.3.). Q0 = 9,37 x 391,3 = 3 666,5. Novým krmivem je siven krmen do hmotnosti 528,8 gramů. Tehdy je obsah tuku ve filetu 9,92 % (Q_T = 528,8 x 9,92 = 5 245,7). Siven, který je krmen kontrolní dietou se 100 % rybího oleje, má obsah n-3 HUFA 21,96 %.

$P_T = P_K + [(P_0 - P_K) / (Q_T / Q_0)]$
$P_T = 21{,}96 + [(15{,}30 - 21{,}96) / (5\,245{,}7 / 3\,666{,}5)]$
$P_T = 17{,}3\%$ n-3 HUFA

Siven z tohoto příkladu by měl dosáhnout na konci výkrmu hodnoty 17,3 % n-3 HUFA ve filetu. Při přepočtu na porci (100 g) ryby se jedná o 1,46 g n-3 HUFA. Skutečnost, zjištěná chemickou analýzou, je 17,16 % n-3 HUFA. Z tohoto příkladu a z konkrétních výsledků znázorněných na obr. 16 je vidět, že s pomocí testovaného ředicího modelu lze s vysokou přesností předpovědět (propočítat) obsah požadovaných mastných kyselin na konci výkrmu.



Obr. 15. *Graf předpovědi % mastných kyselin ve filetu ryb ze skupiny RO:45FO. Pozorované hodnoty jsou průměrem (n = 6). Regresní přímka znázorňuje linii předpovědi. (ALA-alfa linolenová kyselina; DHA dokosahexaenová kyselina; EPA eikosapentaenová kyselina; HUFA vysoce nenasycené mastné kyseliny; LA linolová kyselina; MUFA mononenasycené mastné kyseliny; PUFA polynenasycené mastné kyseliny; SFA nasycené mastné kyseliny)*

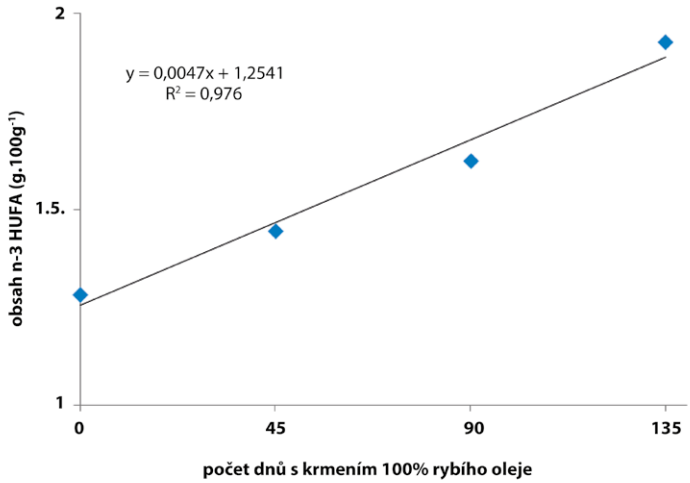
Pro chovatele je zajímavější spíše druhý pohled na využití dosažených výsledků v praxi, a sice, jak dlouhé období je třeba k dosažení požadované hladiny určitých mastných kyselin ve filetu chovaného sivena, jestliže v předcházejícím období je použito krmivo s podílem řepkového oleje, a tudíž je obsah n-3 HUFA v tuku chovaných ryb snížen. Odpověď je opět popsána příkladem:

Na základě výsledků testování bylo chemickou analýzou zjištěno, že siven krmený dietami s rybím nebo rybím/řepkovým olejem má po 135 dnech výkrmu parametry popsané v tab. 9. Na základě známého obsahu n-3 HUFA ve filetu testovaných ryb všech skupin na konci výkrmu lze tento obsah graficky vyjádřit v závislosti na počtu dní, po které bylo krmeno krmivo se 100 % rybího oleje (0, 45, 90, 135 dní). Tato závislost je znázorněna na obr. 16. Obdobně lze postupovat při propočtu libovolných mastných kyselin.

Tab. 9. *Vybrané parametry složení svalového tuku sivena chovaného technologií „finishing feeding".*

Skupina	**Obsah tuku**	**Obsah mastných kyselin**	**n-3 HUFA**	**n-3 HUFA**	**Hmotnost ryb**
	g.100 g^{-1}	**g.100 g^{-1}**	**%**	**g.100 g^{-1}**	**g**
FO	10,33	8,78	21,96	1,93	503,10
RO:90FO	9,74	8,28	19,63	1,63	537,80
RO:45FO	9,92	8,43	17,16	1,45	528,80
RO	10,35	8,80	14,59	1,28	537,80

Vysvětlení zkratek viz tab. 6.



Obr. 16. *Zjištěné hodnoty obsahu n-3 HUFA (g.100 g^{-1}) ve filetu sivena amerického v závislosti na délce období (dny), kdy byly ryby krmeny dietou se 100 % rybího oleje.*

Chovatel má hypotetický požadavek (chce ho deklarovat zákazníkovi), aby obsah n-3 HUFA ve filetu chovaných ryb na konci výkrmu byl 1,5 g ve stogramové porci ryby. Tuto hodnotu (1,5) dosadíme za y do regresní rovnice z obr. 16.

$$y = 0{,}0047x + 1{,}2541$$
$$1{,}5 = 0{,}0047x + 1{,}2541 \quad / -1{,}2541$$
$$0{,}2459 = 0{,}0047x \quad / :0{,}047$$
$$x = 52{,}3$$
$$\underline{\mathbf{x \approx 52\ dní}}$$

V tomto testování by bylo dosaženo hodnoty 1,5 g n-3 HUFA ve 100 g filetu sivena po 52 dnech „*finishing feeding*“ (opětovný přechod na dietu se 100 % rybího oleje), a to s pravděpodobností 97,6 %.

Obsah nejdůležitějších mastných kyselin (mg.100 g^{-1} svaloviny) je uveden v tab. 10 a zahrnuje všechny pokusné skupiny sivena s různou dobou krmení dietou s částečně nahrazeným rybím olejem v porovnání s kontrolní skupinou krmenou dietou se 100 % rybího oleje.

Tab. 10. *Zastoupení polynenasycených a vysoce nenasycených mastných kyselin (mg.100 g^{-1}) ve svalovině sivena amerického po 135 dnech experimentu. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka (n = 12).*

	FO	RO:90FO	RO:45FO	RO
18:2n-6 (LA)	877 ± 133	956 ± 150	1 181 ± 194	1 434 ± 221
20:2n-6	422 ± 39	368 ± 61	334 ± 51	302 ± 49
20:3n-6	50 ± 8	46 ± 7	41 ± 6	64 ± 9
20:4n-6 (ARA)	108 ± 17	91 ± 12	81 ± 11	72 ± 10
18:3n-3 (ALA)	439 ± 74	431 ± 79	474 ± 76	542 ± 73
20:3n-3	299 ± 43	205 ± 32	212 ± 33	173 ± 19
20:5n-3 (EPA)	539 ± 91	461 ± 78	414 ± 66	363 ± 66
22:5n-3 (DPA)	170 ± 28	151 ± 20	130 ± 20	112 ± 15
22:6n-3 (DHA)	921 ± 130	808 ± 142	691 ± 105	634 ± 101
SFA	2 010 ± 333	1 871 ± 301	1 751 ± 279	1 716 ± 296
MUFA	2 923 ± 501	2 879 ± 492	3 121 ± 560	3 384 ± 602
PUFA	3 825 ± 670	3 516 ± 598	3 557 ± 633	3 696 ± 651
n-3 PUFA	2 367 ± 401	2 055 ± 313	1 921 ± 311	1 825 ± 295
n-6 PUFA	1 457 ± 259	1 461 ± 210	1 636 ± 205	1 872 ± 305
n-3 HUFA	1 928 ± 311	1 624 ± 251	1 446 ± 188	1 283 ± 198
EPA+DHA	1 459 ± 227	1 269 ± 209	1 105 ± 163	998 ± 147

FO dieta s rybím olejem; RO dieta s rostlinným olejem; názvy kyselin viz Seznam použitých zkratek

Zjištěné podklady mohou být chovatelem využity např. následovně:

- faktor ekologický (environmentální) – omezení použití rybího oleje, coby zdroje tuku v krmivu – tento zdroj lze částečně nahradit olejem řepkovým i bez nutnosti návratu k rybímu oleji v posledním období výkrmu a přitom stále udržet vysoký obsah zdraví prospěšných n-3 HUFA;
- faktor ekonomický – nahrazením části rybího oleje levnějším olejem řepkovým po určitou dobu lze docílit reálného snížení nákladů na krmivo (viz kapitola 5);
- faktor obchodní – v souvislosti s rozmachem tzv. nutraceutik (např. kapsle s rybím olejem, kde je definováno množství daných mastných kyselin) lze toto množství podobně deklarovat v porci ryby.

4.3. Závěry z obou fází testování

V první fázi testování technologie „*finishing feeding*“ bylo potvrzeno, že typ diety, respektive složení tuku v dietě, má přímý vliv na kompozici mastných kyselin ve filetu chovaného kapra. Experimentálně bylo ověřeno, že ředicí model pro předpověď obsahu dané mastné kyseliny funguje spolehlivě nejen v chovu lososovitých ryb, pro které byl sestaven, ale i v chovu kapra obecného. Vzhledem k tomu, že chov kapra v našich podmínkách se provádí v rybnících s využitím přirozené potravy s přikrmováním obilovinami, je výsledná kvalita masa sice vysoká, ale nestandardizovatelná. V případě použití strategie „*finishing feeding*“ s cílem docílit menší, definovanou produkci kapra určeného pro úzkou skupinu konzumentů, lze výslednou kvalitu jednak zvýšit, jednak předpovědět a v neposlední řadě deklarovat.

Druhá fáze testování technologie byla zaměřena na praktické podmínky chovu lososovitých ryb, konkrétně sivena amerického, v podmínkách českého rybářství. Výsledky potvrzují, že náhrada podstatné části rybího oleje v krmivu olejem řepkovým nemá vliv na růst, zdravotní stav a přežití obsádky. Dále nebyl prokázán signifikantní vliv na senzorické vlastnosti a výtěžnost takto chovaných ryb. Použitím technologie „*finishing feeding*“ v chovu sivena amerického lze rovněž udržet vysokou kvalitu masa tržních ryb, přitom ušetřit část nákladů na krmivo a učinit celý proces chovu více udržitelným, a to omezením spotřeby strategicky důležité suroviny – rybího oleje.

Jistou nevýhodou může být nedostupnost průmyslově vyráběných krmiv s nahrazeným rybím olejem na trhu a s tím související praktické komplikace, jako je snížená stravitelnost vlivem manuálního přimíchávání rybího oleje do krmiva. Snížená stravitelnost má za následek vyšší produkci odpadů v podobě výkalů a z toho plynoucí zvýšené zatížení recipientu organickými látkami. Při průmyslové výrobě lze tyto potencionální komplikace do značné míry eliminovat. V blízké budoucnosti bude stále větší procento rybího oleje (i moučky) v krmivech pro ryby nahrazováno většinou rostlinnými

komponenty. Z toho vyplývá, že akvakultura může jít cestou snižování nutriční kvality chovaných ryb nebo hledat cesty, jak tuto kvalitu (která představuje nejvýznamnější pozitivum rybího masa v očích veřejnosti) udržet i s omezenými zdroji rybího oleje. Technologie „*finishing feeding*“ představuje poměrně elegantní kompromis.

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE PRO PODNIKATELSKÝ SUBJEKT

Technologie je určena především pro rybářské podniky zabývající se chovem lososovitých ryb. Tato technologie umožňuje chov tržních ryb se standardizovanou kvalitou masa s ohledem na obsah zdraví prospěšných omega-3 mastných kyselin. Zároveň je tento způsob chovu šetrnější k životnímu prostředí, protože efektivněji využívá nedostatkové komponenty krmných směsí pro ryby. Na základě výsledku tohoto konkrétního projektu lze také konstatovat, že nahrazením 50 % rybího oleje olejem řepkovým lze ušetřit až 1,1 Kč na 1 kg krmné směsi. Úspora je dána nižší cenou řepkového oleje ve srovnání s olejem rybím. Při hypotetické produkci, např. 10 tun sivena při FCR 1 by pak úspora představovala 11 000 Kč. Vzhledem k faktu, že je dokázáno, že lze v krmné směsi nahradit i více, než „jen“ 50 % rybího oleje, lze tento ekonomický benefit propočítat pro různé úrovně výživy.

6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE VE VÝROBĚ PODNIKATELSKÉHO SUBJEKTU

Poznatky z aplikace technologie „*finishing feeding*“ jsou postupně uplatňovány v chovu sivena amerického společností Klatovské rybářství a.s. Výsledky této ověřené technologie jsou v současnosti aplikovatelné do malých i větších chovů lososovitých ryb v ČR.

7. SEZNAM LITERATURY

Adamkova, V., Kacer, P., Mraz, J., Suchanek, P., Pickova, J., Kralova-Lesna, I., Skibova, J., Kozak, P., Maratka, V., 2011. The consumption of the carp meat and plasma lipids in secondary prevention in the heart ischemic disease patients. Neuroendocrinology Letters 32: 17–20.

Appelqvist, L.A., 1968. Rapid methods of lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation for seed and leaf tissue with special remarks on preventing accumulation of lipid contaminants. Arkiv för kemi, Royal Swedish Academy of Science 28: 551–570.

Bell, J.G., McGhee, F., Campbell, P.J., Sargent, J.R., 2003. Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil "wash out". Aquaculture 218: 515–528.

Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., Sargent, J.R., 2005. Dioxin and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in Scottish farmed salmon (Salmo salar): effects of replacement of dietary marine fish oil with vegetable oils. Aquaculture 243: 305–314.

Boulanger, Y., 1991. Performance comparison of all-female diploid and triploid brook trout. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1789: 111–121.

Calder, P.C., Yaqoob, P., 2009. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and human health outcomes. Biofactors 35: 266–272.

Deeley, M.A., Benfey, T.J., 1995. Learning ability of triploid brook trout. Journal of Fish Biology 46: 905–907.

De Silva, S., Turchini, G., 2008. Towards Understanding the impacts of the pet food industry on world fish and seafood supplies. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 21: 459–467.

De Silva, S.S., Francis, D.S., Tacon, A.G.J., 2011. Fish oil in aquaculture in retrospect. In: Turchini, G.M., Ng, W.-K., Tocher, D.R. (Eds), Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds. Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, USA, pp. 1–20.

EFSA, 2009. Scientific opinion – Labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. EFSA Journal 1176: 1–11.

FAO, 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy.

Fredriksson Eriksson, S., Pickova, J., 2007. Fatty acids and tocopherol levels in M. Longissimus dorsi of beef cattle in Sweden – A comparison between seasonal diets. Meat Science 76: 746–754.

Guillou, A., Soucy, P., Khalil, M., Adambounou, L., 1995. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture 136: 351–362.

Hara, A., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent. Analytical Biochemistry 90: 420–426.

Havelka, M., Kříž, M., Flajšhans, M., 2012. Ověřená technologie hromadné indukce triploidie u sivena amerického (*Salvelinus fontinalis*) v provozních podmínkách. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 139, 17 s.

Izquierdo, M.S., Robaina, L., Caballero, M.J., Rosenlund, G., Gines, R., 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. Aquaculture 250: 431–444.

Jobling, M., 2004. 'Finishing' feeds for carnivorous fish and the fatty acid dilution model. Aquaculture Research 35: 706–709.

Lane, R.L., Trushenski, J.T., Kohler, C.C., 2006. Modification of fillet composition and evidence of differential fatty acid turnover in sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis* following change in dietary lipid source. Lipids 41: 1029–1038.

Mozaffarian, D., Rimm, E.B., 2006. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. JAMA 296: 1885–1899.

Mraz, J., Pickova, J., 2011. Factors influencing fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle. Neuroendocrinology Letters 32: 3–8.

Mraz, J., Zajic, T., Pickova, J., 2012. Culture of common carp (*Cyprinus carpio*) with defined flesh quality for prevention of cardiovascular diseases using finishing feeding strategy. Neuroendocrinology Letters 33 (Suppl. 2): 60–67.

Mráz, J., Máchová, J., Kozák, P., Pickova, J., 2012a. Lipid content and composition in common carp - optimization of n-3 fatty acids in different pond production systems. Journal of Applied Ichthyology 28: 238–244.

Mráz, J., Zajíc, T., Wagner, L., Kozák, P., Zrostlík, J., Pickova, J., 2012b. Praktické ověření technologie chovu kapra obecného se zvýšeným obsahem omega-3 mastných kyselin. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 124, 42 s.

MZe ČR, 2011. Situační a výhledová zpráva Ryby. Ministerstvo zemědělství ČR, 45 s.

Piferrer, F., Beaumont, A., Falguière, J.-C., Flajšhans, M., Haffray, P., Colombo, L., 2009. Polyploid fish and shellfish: Production, biology and applications to aquaculture for performance improvement and genetic containment. Aquaculture 293: 125–156.

Regost, C., Arzel, J., Robin, J., Rosenlund, G., Kaushik, S.J., 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*): 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. Aquaculture 217: 465–482.

Rice, R., 2009. Nutritional value of fish oils. in: Rossell, B. (Ed.), Fish oils. Blackwell Publishing, Chichester, UK, pp. 131–154.

Robin, J.H., Regost, C., Arzel, J., Kaushik, S.J., 2003. Fatty acid profile of fish following a change in dietary fatty acid source: model of fatty acid composition with a dilution hypothesis. Aquaculture 225: 283–293.

Simopoulos, A.P., 2002. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. Journal of the American College of Nutrition 21: 495–505.

Simopoulos, A.P., 2008. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio, genetic variation, and cardiovascular disease. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 17: 131–134.

Tacon, A.G.J., Metian, M., 2009. Fishing for aquaculture: Non-food use of small pelagic forage fish – a global perspective. Reviews in Fisheries Science 17: 305–317.

Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Metian, M., 2011. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. FAO, Rome, Italy, pp. 87.

Torstensen, B.E., Frøyland, L., Lie, Ø., 2004. Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil – effects on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) tissue and lipoprotein lipid composition and lipogenic enzyme activities. Aquaculture Nutrition 10: 175–192.

Torstensen, B.E., Bell, J.G., Rosenlund, G., Henderson, R.J., Graff, I.E., Tocher, D.R., Lie, O., Sargent, J.R., 2005. 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 53: 10166–10178.

Vejsada, P., Vácha, F., 2010. Senzorické hodnocení masa sladkovodních ryb. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 104, 26 s.

Zajíc, T., Mráz, J., Kozák, P., Pickova, J., 2011. Možnosti produkce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 112, 36 s.

Externí odborný oponent
Ing. Miloš Buřič, Ph.D.
Josef Bláhovec – Pstruhařství Mlýny
Žár 25, 384 73 Stachy

Interní odborný oponent
Ing. Viktor Švinger
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,
Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz,
Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický,
Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

Ověření a uplatnění technologie 2012
Klatovské rybářství, a.s., K letišti 442, 339 01 Klatovy

Adresa autorského kolektivu
Ing. Tomáš Zajíc (zajict00@frov.jcu.cz); Ing. Jan Mráz, Ph.D. (jmraz@frov.jcu.cz); M.Sc. Sabine Sampels, Ph.D. (sampels@frov.jcu.cz); prof. Jana Picková, Ph.D.
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,
Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz, Ústav akvakultury,
Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice; www.frov.cz

prof. Jana Picková, Ph.D.
Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Food Science, PO Box 7051, 13 S-750 07,
Uppsala, Sweden; www.slu.se

V edici Metodik (Technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Fakulta rybářství a ochrany vod, Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany
Redakce: Ing. Antonín Kouba, Ph.D., Ing. Blanka Vykusová, CSc., Zuzana Dvořáková
Náklad: 200 ks, vytištěno v roce 2013, 1. vydání
Grafický design a technická realizace: Jesenické nakladatelství JENA Šumperk

FAKULTA RYBÁŘSTVÍ A OCHRANY VOD
JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND

„Investování do udržitelného rybolovu“

Edice Metodik

ISBN 978-80-87437-78-0