



Možnosti produkce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin

T. Zajíc, J. Mráz, P. Kozák, J. Picková



evropský
sociální
fond v ČR



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



Možnosti produkce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin

T. Zajíc, J. Mráz, P. Kozák, J. Pícková

**VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:**

Inovace prezenčního studia bakalářského studijního oboru Rybářství

(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**OBSAHOVÁ ČÁST PUBLIKACE BYLA ZPRACOVÁNA
ZA FINANČNÍ PODPORY NÁSLEDUJÍCÍCH PROJEKTŮ:**

***Využití inovativních biotechnologických a genetických postupů pro produkci kvalitního kapřího masa se
zvýšeným obsahem omega 3 mastných kyselin a jeho účinek na rekonvalescenci pacientů po manifestaci
aterosklerózy***

(Mze ČR NAZV – QH92307)

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)



ISBN 978-80-87437-27-8

OBSAH

1. CÍL METODIKY	6
2. VLASTNÍ POPIS METODIKY	7
2.1. Úvod	7
2.1.1. Vliv mastných kyselin na lidské zdraví	7
2.1.2. Mastné kyseliny v akvakultuře	9
2.2. Faktory působící na kompozici mastných kyselin	10
2.2.1. Faktory vnitřní	10
2.2.2. Faktory vnější	13
2.3. Úprava kompozice mastných kyselin v rybím mase	17
2.3.1. Technologie „finishing feeding“	17
2.3.2. Výkrm pomocí směsi s prekurzory HUFA	19
2.3.3. Využití přirozené potravy	22
2.3.4. Využití alternativních zdrojů HUFA	25
2.3.5. Zpracování a kuchyňská úprava ryb	26
2.4. Chemická analýza kompozice mastných kyselin	27
3. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	29
4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	29
5. EKONOMICKÉ ASPEKTY	29
6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	30
7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	32

Použité zkratky:

AA – arachidonová kyselina (20:4 n-6)

ALA – α -linolenová kyselina (18:3 n-3)

DHA – dokosahexaenová kyselina (22:6 n-3)

EPA – eikosapentaenová kyselina (20:5 n-3)

HUFA – vysoce nenasycené mastné kyseliny s 20 a více atomy uhlíku a se třemi a více dvojnými vazbami (z angl. highly unsaturated fatty acid); ekvivalentem je označení LC-PUFA (z angl. long chain polyunsaturated fatty acids)

LA – linolová kyselina (18:2 n-6)

MK – mastné kyseliny

MUFA – mononenasycené mastné kyseliny

Omega – označení skupiny mastných kyselin vyjadřující pozici první dvojně vazby v řetězci (omega-3; omega-6, omega-9 atd.), ekvivalentem je označení n-3; n-6, n-9 atd.

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (více než jedna dvojná vazba)

SFA – nasycené mastné kyseliny

1. CÍL METODIKY

Spotřeba rybiho masa v České republice je dlouhodobě na velmi nízké úrovni. Zároveň naše země zaujímá přední příčky ve výskytu kardiovaskulárních chorob. Z tohoto důvodu je nutné podpořit spotřebu ryb např. zvýšením jejich dietetické hodnoty. Omega-3 polynenasycené mastné kyseliny (omega-3 PUFA) jsou známé svým příznivým účinkem při prevenci a léčbě cévních a srdečních onemocnění lidí. Hlavním zdrojem těchto látek v lidské výživě jsou ryby. Pomocí vhodné technologie, založené na speciální výživě, je možné významně zvýšit obsah omega-3 PUFA v tuku sladkovodních druhů ryb. Cílem metodiky je poskytnout výrobním rybářským podnikům informace nezbytné k zavedení technologií chovu ryb se zvýšeným obsahem omega-3 PUFA do praxe a dále podat návod na správné zpracování a kuchyňskou úpravu, která zabezpečí zachování a plné využití omega-3 PUFA ve výživě člověka. V metodice budou rovněž popsány další způsoby vylepšení kompozice PUFA ve svalovém tuku ryb.

2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1. ÚVOD

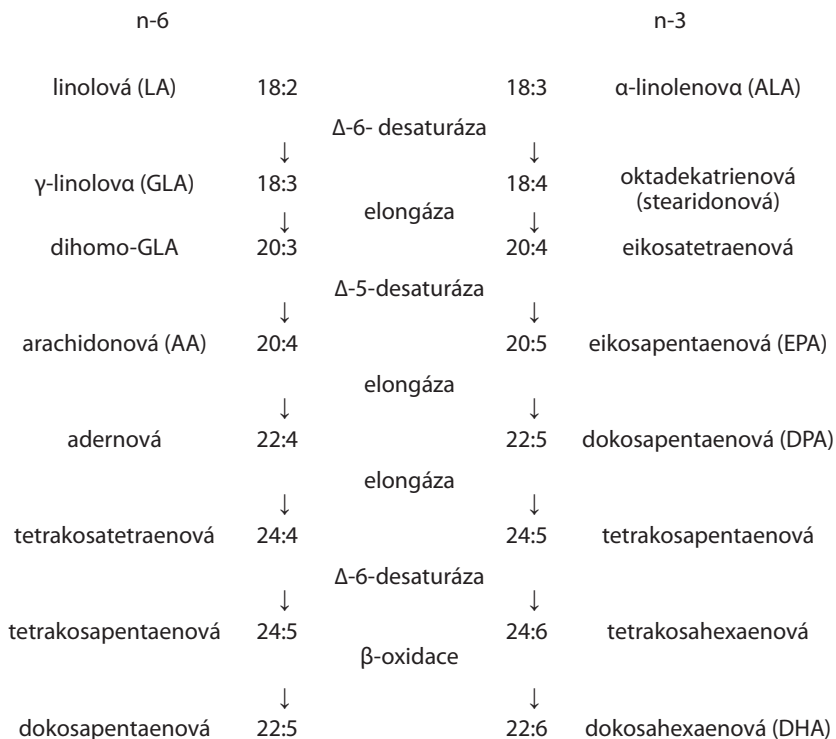
2.1.1. Vliv mastných kyselin na lidské zdraví

Omega-3 mastné kyseliny jsou látky, které patří do skupiny nenasycených mastných kyselin, jejichž společným rysem je první dvojná vazba mezi 3. a 4. uhlíkem, počítáno od metylového konce (obr. 1).



Obr. 1. Znárodnění zápisu vzorce mastné kyseliny.

Omega-3 mastné kyseliny jsou původně syntetizovány v rostlinných organismech, jednobuněčnými řasami počínaje, vyššími kulturními plodinami konče. Rostlinné organismy mají schopnost vytvořit dvě esenciální mastné kyseliny – kyselinu linolovou (LA; 18:2 n-6), která je prekurzorem tzv. omega-6 vysoce nenasycených mastných kyselin (omega-6 HUFA) a kyselinu α -linolenovou (ALA; 18:3 n-3), která je prekurzorem tzv. omega-3 HUFA. Tyto dvě kyseliny musí živočišný organismus přijmout v potravě, protože si je nedokáže vytvořit vlastními fyziologickými pochody. Člověk dokáže částečně z těchto prekurzorů vytvářet ve svém těle dalším prodlužováním (elongací) a desaturací (zvýšením počtu dvojných vazeb) kyseliny s delším řetězcem (obr. 2). Efektivita těchto pochodů v lidském těle je však velice nízká.



Obr. 2. *Metabolismus mastných kyselin.*

Účinněji dokáží vytvářet HUFA ryby, a to zejména ryby sladkovodní. Ty mají vyvinuté enzymy, desaturázy a elongázy, které vytvářejí z osmnáctiuhlíkatých kyselin kyseliny s dvaceti, dvaadvaceti i více uhlíky a s několika dvojnými vazbami. Nejznámější z těchto kyselin jsou EPA – kyselina eikosapentaenová a DHA – kyselina dokosahexaenová. Omega-6 mastné kyseliny spolu s omega-3 mastnými kyselinami jsou důležitou složkou buněčných membrán a prekurzory mnoha dalších sloučenin v lidském těle. Z omega-3 i z omega-6 kyselin vznikají v těle další produkty souhrnně označované jako eikosanoidy (prostaglandiny, tromboxany, leukotrieny). Vedle jiných funkcí mají tyto látky v těle roli prozánětlivých, respektive protizánětlivých spouštěčů. Zatímco produkty omega-6 kyselin jsou tzv. prozánětlivé (inflatorní), produkty omega-3 kyselin jsou protizánětlivé (antiinflatorní). Organismus, ať už lidský nebo jiný, potřebuje obě skupiny a záleží na jejich vzájemném poměru, který ovlivňuje projevy v organismu. Proto je nesmírně důležitý příjem omega-3 i omega-6 kyselin ve správném poměru, který by měl být cca 1 : 1 – 1 : 4 ve prospěch omega-6. Skutečnost je však v současnosti taková,

že tento poměr je v České republice v lidské výživě až 1 : 40 ve prospěch omega-6 kyselin. Tento fakt je jednou z hlavních příčin vzniku kardiovaskulárních onemocnění, která jsou nejčastější příčinou úmrtí lidí v ČR.

Spotřeba ryb v ČR je velice nízká, na obyvatele připadá 5,5 kg rybiho masa za rok, přičemž jen asi 1,1 kg je ze sladkovodních druhů (MZe, 2009). Rybí maso se zvýšeným podílem omega-3 mastných kyselin působí nejen jako prevence vzniku kardiovaskulárních onemocnění, ale často urychluje léčbu a pro lidi zasažené těmito onemocněními doporučují odborníci zařazení masa ryb do jídelníčku. V našich podmínkách byly léčebné účinky masa kapra se zvýšeným obsahem omega-3 MK potvrzeny studií Adámkové a kol., 2011, kdy zvýšený příjem tohoto masa (2x týdně 200 g po dobu 4 týdnů) významně zlepšil hodnoty tukového spektra v krvi pacientů po operaci srdce. Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) doporučuje zařadit ryby do jídelníčku minimálně dvakrát týdně. Příjem konkrétních mastných kyselin je doporučován takto: 250 mg EPA + DHA; 2 g ALA a 10 g LA každý den (EFSA, 2010) pro běžnou populaci. U lidí trpících poruchami oběhového systému jsou doporučovány dávky ještě vyšší. Důležitá je také rovnováha v příjmu LA a ALA, které jsou esenciální a z nichž vznikají MK s delším řetězcem a více dvojnými vazbami. Nadbytečný příjem LA v potravě způsobí pokles obsahu omega-3 HUFA. Míra přeměny ALA na HUFA závisí na poměru mezi omega-6 a omega-3 kyselinami v potravě (Picková, 2009). Dostatečný příjem omega-3 mastných kyselin způsobuje zejména:

- zvýšení podílu „dobrého“ HDL cholesterolu na úkor „špatného“ LDL cholesterolu;
- snížení triacylglycerolové (tukové) frakce v krevní plazmě;
- snížení krevního tlaku;
- omezení zánětlivých onemocnění;
- omezení rizika vzniku infarktu myokardu, aterosklerózy, roztroušené sklerózy, některých typů rakoviny, mozkové mrtvice atd.;
- posílení funkce mozku a nervové soustavy, především v prenatálním vývoji.

2.1.2. Mastné kyseliny v akvakultuře

Hlavním zdrojem HUFA pro lidskou výživu jsou ryby, respektive rybí olej. Světový rybolov se však velmi přiblížil (někde již překročil) hranici, kdy nastává tzv. „overfishing“. To je stav, kdy jsou populace ryb „přelovované“ a nedokáží již přirozeně obnovovat své stavy. U některých druhů reálně hrozí vyhynutí, pokud nebudou populace doplněny z umělých chovů. Akvakultura je nejrychleji rostoucí odvětví v chovu zvířat, za posledních 25 let její produkce roste o cca 8,5 % za rok a v současnosti je již více než 50 % všech ryb produkováno v akvakulturních chovech. Požadavky na rybí olej a rybí moučku, coby komponenty krmných směsí pro chov ryb, jsou tedy stále vyšší. Zároveň

roste cena a nelze dále zvyšovat produkci. Proto je na chovatele vyvíjen stále větší tlak, aby rybí moučka a olej byly nahrazovány alternativními, udržitelnými zdroji, především produkty zemědělského hospodaření (Picková a Mörköre, 2007). Tyto zdroje jsou levnější, jejich produkce je udržitelná a jejich používání je mnohem šetrnější k populacím ryb ve světových oceánech. Rozsáhlými výzkumy u mnoha druhů sladkovodních i mořských druhů ryb bylo zjištěno, že nahrazení až 70 % rybí moučky a oleje rostlinnými složkami nijak neovlivňuje růst a přežití chovaných ryb a při vhodně zvolené technologii lze dosáhnout obnovení hodnot HUFA v rybí svalovině, které jsou nahrazováním rybího oleje a moučky do jisté míry snižovány.

2.2. FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA KOMPOZICI MASTNÝCH KYSELIN

Faktory, které působí na kompozici mastných kyselin v tuku ryb, shrnuli Kalač a Špička (2006), u kapra konkrétněji popsáno v Mráz a Picková (2011). Lze je rozdělit na **vnitřní a vnější**. Tyto faktory jsou vzájemně provázané, často spolu úzce korespondují. Jejich výčet je poměrně dlouhý, ale nelze jednoznačně říci, který faktor (vyjma výživy) je nejzásadnější, často je jeden podmíněn druhým.

2.2.1. Faktory vnitřní

2.2.1.1. Druh ryby

Mezi jednotlivými druhy ryb existují velké rozdíly v kompozici mastných kyselin v tuku. Při zaměření pouze na sladkovodní druhy ryb je důležitý fakt, že existují druhy velmi tučné (nad 10 % tuku), u nás např. úhoř říční (*Anguilla anguilla*), tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*) nebo tolstolobec pestrý (*Aristichthys nobilis*), dále středně tučné (2–10 % tuku), např. kapr obecný (*Cyprinus carpio*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), lín obecný (*Tinca tinca*) a málo tučné (do 2 % tuku), např. candát obecný (*Sander lucioperca*) a okoun říční (*Perca fluviatilis*). Množství tuku v rámci jednotlivých druhů ovlivňuje kompozici mastných kyselin. Při vysokém obsahu tuku je jeho podstatná část v těle uložena ve formě zásobních lipidů (tuků, triacylglycerolů), která obsahuje zpravidla vyšší procentický podíl MUFA (př. kyselina olejová), podíl PUFA je relativně nižší. U málo tučných ryb je hladina zásobního tuku nižší a tělní tuk je uložen ve formě stavebních lipidů (fosfolipidy). Ty obvykle obsahují mastné kyseliny s delším uhlíkatým řetězcem a jsou více nenasycené (EPA, DHA) než mastné kyseliny uložené ve formě triacylglycerolů. U takových druhů ryb je potom zjišťován relativně vyšší podíl PUFA. Tab. 1 uvádí průměrné zastoupení skupin mastných kyselin v tuku běžných sladkovodních ryb.

Tab. 1. Příklady procentického zastoupení mastných kyselin ve svalovém tuku sladkovodních ryb.

Kyseliny	Pstruh duhový*	Kapr obecný*	Tolstolobik bílý*	Tolstolobec pestrý*
SFA	22,5	30,4	25,1	23,9
MUFA	36,3	40,7	40,7	42
PUFA	41,2	28,9	34,2	34,1
EPA+DHA	25,2	14,1	15,6	20,6
Σ omega-3	33,2	18,5	23,2	26,2
Σ omega-6	8	10,4	11	7,9
Omega-3/omega-6	4,2	1,8	2,1	3,3

SFA, nasycené MK; MUFA, mononenasycené MK; PUFA, polynenasycené MK

* Podle přehledu Steffense (1997)

2.2.1.2. Genetický původ

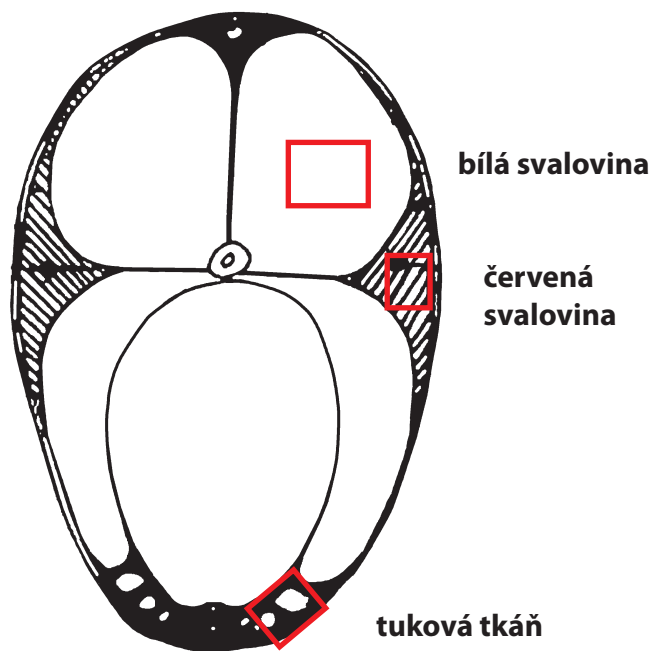
V posledních letech bylo provedeno několik studií, které měly za cíl objasnit genetický vliv na schopnost biosyntézy mastných kyselin u ryb. Snahou je zjistit, zda v rámci druhu existuje variabilita. U hospodářských zvířat bylo potvrzeno, že vysoce dědivým faktorem je obsah tuku i procentuální zastoupení omega-3 mastných kyselin (Karamichou a kol., 2006; Kerry a Ledward, 2009). V akvakultuře je největší zájem pochopitelně o druhy ryb, které jsou hospodářsky nejvýznamnější. Leaver a kol. (2011) metodami genové exprese potvrdili rozdíly mezi jednotlivými populacemi lososa atlantského (*Salmo salar*) a zároveň zjistili vysokou heritabilitu (dědičnost) této vlastnosti. Z našich druhů přichází v úvahu například kapr, u kterého jsou známé minimálně dva poddruhy, a to *Cyprinus carpio carpio* a *Cyprinus carpio haematopterus*. Zajíc a kol. (2011) zjistili rozdíl v kompozici MK v rámci užitkových hybridů ropšínského kapra. Ryby čisté linie ropšínského kapra (obsahuje krev *C. c. haematopterus* i *C. c. carpio*) mají při chovu v totožných podmínkách vyšší podíl PUFA než kříženci s jinými plemeny kapra. Při potvrzení rozdílů ve schopnosti biosyntézy mastných kyselin lze těchto poznatků využít ve šlechtění a v selekčním programu daného druhu ryby pro produkci potomstva s vyšším obsahem PUFA v lipidech.

2.2.1.3. Pohlaví a fáze dospívání

Některé studie prokázaly vliv pohlaví na množství tuku u kapra. Jíkernačky dosahovaly vyšších hodnot obsahu tuku než stejně staří mlíčáci kapra (Kocour a kol., 2007). Jako vysvětlení se jeví pozdější pohlavní dospívání jíkernaček. Buchtová a kol. (2007) neprokázala u kapra vliv pohlaví na kompozici mastných kyselin. V zásadě tedy nejsou potvrzené významné rozdíly v kompozici mastných kyselin v závislosti na pohlaví ryby.

2.2.1.4. Typ tkáně

Tělní tuk se v těle ryby neukládá ve všech částech stejně. Samotná svalovina ryb je rozdělena na svalovinu bílou a svalovinu červenou. Dále je zde samotná tuková tkáň uložená v břišní části a mezi tělními orgány (obr. 3). Rozložením tuku a složením mastných kyselin v těle kapra se zabýval Mráz a kol. (2009). Bylo zjištěno, že nejnižší obsah tuku je v bílé svalovině (0,95 %), dále v červené svalovině (16,7 %) a nejvíce v břišní, adipózní části těla (až 30 %). Těmto hodnotám odpovídá i kompozice MK, která je podle části těla různá.



Obr. 3. Rozložení hlavních částí jedlého podílu v těle ryby.

Na lipidy jsou velmi bohatá játra, respektive hepatopankreas a v neposlední řadě gonády. Všechny vyjmenované části mohou vykazovat značné rozdíly v obsahu tuku, a tudíž i v kompozici mastných kyselin. U ryb platí, že čím větší množství tuku daná tkáň obsahuje, tím větší zastoupení zde mají SFA a MUFA. PUFA se ve větší míře vyskytují v méně tučných částech těla ryb. To je dáno faktem, že PUFA jsou v hlavní míře obsaženy ve fosfolipidech, které tvoří biologické membrány a SFA a MUFA v triacylglycerolech, které mají hlavní funkci energetickou, tj. ukládání zásobního tuku.

2.2.1.5. Věk ryby

Jak bylo řečeno, kompozice MK závisí na množství tuku v těle. Při větším obsahu stoupá podíl zásobního tuku a tím i podíl MUFA. Mladší jedinci, u kterých probíhá intenzivně růst, mají v přirozených podmínkách nižší hladinu zásobního tuku, než jedinci starší, pomalu rostoucí, u nichž je větší množství tuku uloženo mezi orgány a v břišní části těla jako energetická zásoba (triacylglycerolová frakce). Tento stav platí v přirozených podmínkách. V polointenzivním a intenzivním chovu lze faktor věku významně ovlivnit výživou rybí obsádky.

2.2.1.6. Zdravotní stav

Uvažujeme-li o vztahu mezi zdravotním stavem ryb a kompozicí mastných kyselin, je důležité poukázat na fakt, že ryba ve špatné kondici nebo ve zhoršeném zdravotním stavu špatně přijímá potravu a chová se v tomto ohledu podobně jako ryba, která hladoví (viz kapitola 2.2.4.).

2.2.2. Faktory vnější

2.2.2.1. Salinita prostředí

Bylo potvrzeno, že salinita vodního prostředí je jedním z velmi důležitých faktorů ovlivňujících kompozici mastných kyselin ve tkáni ryb. Zatímco mořské ryby zpravidla obsahují vyšší podíl kyselin řady omega-3, sladkovodní druhy mívají vyšší zastoupení kyselin řady omega-6. Tento fakt je dán rozdíly v potravním řetězci ve slané, respektive ve sladké vodě. Jsou také popsány případy, kdy u druhů migrujících z jednoho prostředí do druhého dochází k výrazným změnám v kompozici mastných kyselin v těle při přechodu mezi prostředím s různou salinitou.

2.2.2.2. Výživa

Ovlivnit kompozici mastných kyselin výživou je velice složité u přezvýkavců, kde hrají negativní roli mikroorganismy v žaludcích. Jednodušší je to v chovu monogastrických zvířat (prase), kdy lze dodáním mastných kyselin v potravě docílit jejich zvýšeného obsahu v mase. Sladkovodní druhy ryb mají navíc schopnost biosyntézy HUFA. Pokud jsou rybě v krmivu poskytnuty osmnáctiuhlíkaté prekurzory HUFA (kys. linolová a kys. α -linolenová), dokáže z nich svými fyziologickými pochody vytvořit kyseliny více nenasycené a s delším uhlíkatým řetězcem (např. EPA, DHA). Tuto schopnost nemají ryby mořské, které přijímají HUFA v potravě a ze sladkovodních druhů ryb ryby dravé

(candát, štika). To je dáno postavením v potravním řetězci, respektive složením přirozené potravy. Zatímco mořské druhy mají k dispozici dostatek omega-3 HUFA v potravě, sladkovodní plankton a bentos je bohatší spíše na kyselinu α -linolenovou, i když i zde se vyskytují ve vysoké míře HUFA. Tab. 1 ukazuje příklad zastoupení mastných kyselin u několika sladkovodních druhů ryb. Je zřejmé, že nejvyšší obsah HUFA mají ryby dravé (pstruh, okoun), protože stojí v potravním řetězci výše než druhy potravní. Poměrně vysokého obsahu HUFA dosahují ryby býložravé a planktonofágní (tolstolobik), protože plankton obsahuje významné množství PUFA a HUFA a ve spojení se schopností biosyntézy jsou hodnoty těchto kyselin v rybím těle vysoké.

Při sestavování krmné směsi pro naše dva nejvíce chované druhy (kapr obecný, pstruh duhový) je nutné brát v potaz, že výživová doporučení na minimální obsah esenciálních mastných kyselin jsou pro tržního kapra: 8–12 % tuku, z toho 1 % LA a 0,5 % ALA; pro tržního pstruha 18–22 % tuku, z toho 0,8 % LA a 1 % ALA.

Důležitým aspektem je rovněž skladování krmiv a krmných směsí, stejně jako jejich komponent. Především tuky jsou náchylné k oxidaci (žluknutí), při které dochází i ke změně v kompozici mastných kyselin daného krmiva. Takto znehodnocené krmivo potom způsobuje zdravotní komplikace chovaných ryb, nechut k příjmu potravy, poruchy růstu a následně nižší kvalitu výsledného produktu, kterým je rybí svalovina. K zabránění znehodnocení tuku v krmných směsích je nutné používat pouze čerstvé tukové komponenty s nízkým peroxidovým číslem, používají se přídavky antioxidantů (např. α -tokoferol) a nezbytné je správné skladování (v suchu a temnu) a včasná spotřeba.

V tab. 2 je výčet rostlinných olejů, které jsou používány jako zdroj tuku v krmných směsích pro ryby. Oleje nad přerušovanou čarou mají vysoké zastoupení omega-3 PUFA a jejich použití by mělo být upřednostňováno. Oleje pod čarou obsahují převážně omega-6 PUFA a nejsou zdaleka tak vhodné. Jejich použití je spíše ve směsi s jiným olejem (např. řepkový + palmový).

Tab. 2. Zastoupení PUFA v rostlinných olejích potenciálně využitelných v krmivech pro ryby (podle Picková a Mörköre, 2007).

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

2.2.2.3. Bioaktivní látky

Alternativním, a do budoucna slibným, se jeví přidavek biologicky aktivních látek do krmných směsí pro ryby. Tyto specificky účinné látky ovlivňují metabolismus ryb a způsobují vyšší tvorbu nebo ukládání omega-3 mastných kyselin ve svalovém tuku.

Jako slibná cesta u lososovitých ryb se ukázalo použití přídatku biologicky aktivní látky sesaminu. Sesamin je lignan obsažený v sesamovém oleji. Trattner a kol. (2008a) poskytuje přesvědčivé důkazy o tom, že sesamin je účinný modulátor metabolismu mastných kyselin v hepatocytech lososa atlantského. V souladu s výsledky *in vivo* studie (Trattner a kol., 2008b) sesamin zvyšuje desaturaci a elongaci kyseliny α -linolenové směrem k DHA u pstruha duhového, a to až o 37 %.

U kapra testovali účinnost sesaminu Mráz a kol. (2010). Zjistili však, že jeho přidavek do krmiva nemá účinek v podobě zvýšení aktivity desaturačních a elongačních enzymů a zvýšení tvorby DHA v lipidech, jak bylo prokázáno u pstruha a lososa. Přídavek sesaminu do diety **lososovitých** ryb tedy může zvýšit jejich výživovou hodnotu především z hlediska kvality mastných kyselin.

Další potenciálně vhodnou látkou je kyselina lipoová. Tato látka působí v tuku jako antioxidant. Trattner a kol. (2007) prokázali pozitivní vliv přídatku této kyseliny v krmi-
vu na obsah EPA v polárních lipidech sladkovodní ryby *Piaractus mesopotamicus*.

Existuje velké množství látek, které by mohly být vhodné pro použití do krmných směsí pro ryby (konjugovaná kyselina linolová, kyselina tetradecylthiooctová, genistein apod.) a toto využití je předmětem intenzivního výzkumu (Vestergren a kol., 2011). Přídavek biologicky aktivních látek do krmiv pro ryby se jeví do budoucna jako vysoce perspektivní způsob zvýšení kvality masa takto chovaných ryb.

2.2.2.4. Hladovění

Během hladovění ryb dochází ke spotřebě energetických zásob. S tím souvisí změny v množství i složení tuku. V podmínkách České republiky je pro chov kapra typické období hladovění před prodejem tržních ryb – sádkování. Sádkování ryb je specifický technologický postup. Ve světové akvakultuře není zvykem nechávat chované ryby několik týdnů bez přístupu k potravě. Během sádkování dochází ke snižování tukových zásob, tím ke ztrátám hmotnosti a kapr se zbavuje sensoricky nepříjemných „pachů“. Při odbourávání tělního tuku je nejprve spotřebován tuk obsahující mastné kyseliny s kratším řetězcem (nasycené mastné kyseliny – SFA a mononenasycené mastné kyseliny – MUFA). To znamená, že se zvyšuje relativní podíl PUFA v lipidech (Tocher a kol., 1989). Tohoto faktu je možné využít právě v technologickém procesu sádkování a ovlivnit tak do určité míry složení tukových zásob kapra, který je určen pro lidskou výživu. Obsah mastných kyselin ve svalovině kapra během sádkování sledoval Vácha a kol. (2007). U ryb, které byly příkrmovány obilovinami, došlo během sádkování k ne-

patrnému zvýšení obsahu omega-3 HUFA. Pokles byl zaznamenán u skupiny, která byla chována s využitím přirozené potravy. Csengeri (1996) zjistil během sádkování kapra neustálý pokles obsahu i zastoupení kyseliny olejové (MUFA), zatímco obsah HUFA se neměnil a vlivem klesajícího obsahu tuku se tedy procentický podíl těchto kyselin zvyšoval. Podobných zjištění bylo dosaženo u sumečka skvrnitého (*Ictalurus punctatus*), kdy během experimentu docházelo ke zvyšování hodnot omega-3 HUFA. Zvyšování relativního podílu omega-3 HUFA se zjistilo i u dalších komerčně významných ryb, u lososa atlantského a pstruha duhového. Efekt hladovění je vysoce ovlivňován výživou, která procesu hladovění (sádkování) předchází.

2.2.2.5. Roční období (teplota prostředí)

Obecně platí, že druhy ryb, které žijí v chladné vodě (pstruh duhový), mají v přirozených podmínkách vyšší zastoupení dlouhouhlíkatých mastných kyselin (více než 20 uhlíků v řetězci), než druhy ryb vegetující v teplé vodě (kapr obecný). To je dáno samotnou podstatou fungování mastných kyselin v buněčných membránách. Při nízké teplotě jsou tyto membrány složené z MK s delším řetězcem a více nenasyčených, což způsobuje úpravu fluidity („tekutosti“) membrán, protože MK s kratším řetězcem při nižších teplotách tuhnou a bod tuhnutí kyselin s delším řetězcem a s více dvojnými vazbami je podstatně nižší.

V mírném klimatickém pásmu se během roku mění teplota prostředí a s ní souvisí potravní nabídka. Od jara do zimy proto kolísá obsah tuku ve svalovině ryb a s tím souvisí změny v kompozici mastných kyselin. Nejvíce tuku u kapra bývá koncem léta a na začátku podzimního období. Během zimy tukové zásoby postupně klesají a s příchodem jara jsou na nejnižší úrovni. Kmínková a kol. (2001) sledovala změny v kompozici mastných kyselin kapra během roku. Koncentrace jednotlivých mastných kyselin se během roku měnila podle aktivity ryb a dostupnosti potravy. Některé další studie (Guler a kol., 2008) potvrzují, že obsah SFA zůstává během roku neměnný a kolísá zastoupení MUFA, PUFA a HUFA. Tyto výkyvy v kompozici MK lze úspěšně ovlivňovat vhodnou výživou a technologií chovu (viz níže).

2.2.2.6. Zpracování a kuchyňská úprava

Jedním z vůbec nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují výslednou kompozici MK v konzumovaných rybách, je finální zpracování rybiho masa a jeho kuchyňská úprava. Dodržení všech zásad hygieny při zpracování, především hlídání čerstvosti a skladovací teploty, je nezbytné, protože tuk je obecně náchylný k oxidaci, při které je znehodnocen. Na druhou stranu, PUFA jsou po určitou dobu poměrně stabilní vůči vysokým teplotám, takže se lze vyhnout obavám, že budou tyto kyseliny znehodnoceny teplotou použitou pro přípravu jídel. Ryby se doporučuje připravovat při teplotách nižších,

do 100 °C uvnitř porce. Výslednou kvalitu produktu nebo pokrmu lze však spolehlivě ovlivnit přidáním jiného tuku, např. oleje na smažení. Změny ve složení MK před a po zpracování/kuchařské úpravě sledovala Sampels a kol. (2009). Bylo zjištěno, že poměr mezi omega-3 a omega-6 kyselinami byl po použití nevhodného tuku na přípravu pokrmu a nevhodné kuchařské úpravy až 400x nižší (v neprospěch omega-3) než u čerstvých ryb.

Z výše popsaných skutečností vyplývá, že zdaleka nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím kompozici mastných kyselin je výživa. Při aplikaci vhodné výživy a ve spojení s využitím ostatních faktorů lze dosáhnout dobrých výsledků při chovu ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin v tuku.

2.3. ÚPRAVA KOMPOZICE MASTNÝCH KYSELIN V RYBÍM MASE

2.3.1. Technologie „finishing feeding“

V řízeném způsobu chovu (v ČR se týká především chovu lososovitých) byl jako zdroj tuku pro krmné směsi vždy používán rybí olej z mořských ryb. Tato surovina byla pro výrobu krmiv dostupná a poměrně levná. Se stoupající produkcí ryb v akvakultuře se rybí olej stává stále hůře dostupným a jeho cena prudce stoupá. Proto jsou hledány možnosti, jak udržet chovy ryb na stávající a vyšší úrovni a přitom se vyhnout použití rybího oleje.

Jedním ze způsobů, jak se v chovu ryb vyhnout využívání rybího oleje ve vysoké míře, je technologie finishing feeding (finální, konečný výkrm), kdy během výkrmu je obsádce ryb předkládána krmná směs, ve které je část rybího oleje nahrazena oleji rostlinnými (tab. 3), a to buď jedním, nebo jejich směsí (vhodná kombinace je např. řepkový : lněný; 1 : 1). Teprve v posledním období výkrmu (týdny, měsíce) se používá opět směs s rybím olejem jako zdrojem tuku. Touto strategií mohou být částečně nebo úplně obnoveny hodnoty n-3 PUFA ve svalovině, jejichž obsah byl předtím použitím rostlinného oleje snížen.

Příklad:

Pstruh duhový byl krměn nejprve krmivem s rostlinným olejem (cca 75 % rybího oleje je nahrazeno – dieta A). Po určité době je krmivo vyměněno za klasickou dietu s rybím olejem (cca 88 % rybího oleje – dieta B).

Tab. 3. Příklad složení krmných směsí pro technologii „finishing feeding“

Komponent směsi	Dieta A [% hmotn.]	Dieta B [% hmotn.]
Rybí moučka	5	5
Sójová moučka	17,5	17,6
Kukuřičný gluten	15	15
Kukuřice	7	7
Pšeničný gluten	25,1	25,2
Rybí olej	5	20
Řepkový olej	8,9	2,8
Lněný olej	3,6	0
Palmový olej	5,3	0
Lecithin	1	1
Vitamínový premix	6,6	6,6

V době změny krmné směsi mají ryby průměrnou hmotnost 0,1 kg, obsah tuku ve filetu 8 % a obsah EPA+DHA tvoří 1 % z celkového tuku. Novým krmivem je obsádka krmna do dosažení tržní hmotnosti 0,25 kg. V této chvíli je zjištěný obsah tuku ve filetu 10 %. Kontrolní obsádka, která je krmna po celou dobu krmnou dietou s rybím olejem, má obsah EPA + DHA ve svalovině 9 % z celkového tuku.

Použijeme matematický model předpovědi používaný pro lososovité ryby (Jobling, 2004):

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

kde:

P_T předpovídaná % MK 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 příkladu zadáme hodnoty za proměnné:

$Q_0 = 0,6$ (6 %) x 0,1 (0,1 kg)

$Q_T = 2,5$ (10 %) x 0,25 (0,25 kg)

$P_K = 9$ (9 % EPA+DHA v kontrole)

$P_0 = 1$ (1 % EPA+DHA na začátku změny)

tedy:

$$P_1 = 9 + [(1 - 9) / (2,5 / 0,6)]$$

$$P_1 = 7,08 \% \text{ EPA+DHA}$$

Pstruh z tohoto příkladu má na konci výkrmu s použitím technologie „finishing feeding“ obsah EPA+DHA ve svalovině 7,08 %. Obecně tvoří mastné kyseliny cca 85 % z celkového tuku. Obsah tuku v tomto příkladu je 10 %, takže takto chovaný pstruh bude ve svalovině obsahovat přibližně 600 mg EPA + DHA na 100 g porci. Doporučený denní příjem pro běžnou populaci činí 250 mg EPA + DHA. To znamená, že konzumací takto chovaných ryb stačí pro dosažení doporučeného příjmu EPA + DHA sníst přibližně dvě stopadesátigramové porce týdně.

2.3.2. Výkrm pomocí směsi s prekurzory HUFA

Asi nejspolehlivější možností, jak docílit vysokého obsahu HUFA ve svalovině ryb je předkládání krmiva, které obsahuje přímo HUFA. Nejjednodušší způsob je použití krmné diety, kde je jako zdroj tuku použitý rybí olej, který obsahuje značné množství omega-3 HUFA. Jak již bylo uvedeno, jeho používání začíná být v současné době ekonomicky i ekologicky neúnosné. Proto se jako spolehlivá a zároveň ekonomická alternativa jeví použití krmné směsi obsahující prekurzory HUFA.

Většina sladkovodních ryb má (na rozdíl od mořských) schopnost biosyntézy HUFA ve vlastním metabolismu vlivem působení enzymů desaturáz a elongáz. Proto lze předkládat obsádce krmivo obsahující prekurzory. Prekurzorem omega-6 HUFA je kyselina linolová (18 : 2 n-6), ze které vzniká především kyselina arachidonová (20 : 4 n-6) a prekurzorem omega-3 HUFA je kyselina α -linolenová (18 : 3 n-3), ze které vznikají především kyselina eikosapentaenová (EPA – 20 : 5 n-3) a kyselina dokosahexaenová (DHA – 22 : 6 n-3) (srov. obr. 1). Nejvhodnějším zdrojem těchto prekurzorů jsou řepkové a lněné semínko, potažmo jejich olej (tab. 2). Řepka i len obsahují prekurzory n-3 a n-6 HUFA ve vhodném poměru a představují tak nepříliš drahý zdroj těchto látek pro krmnou dietu. Např. v chovu kapra, kde jsou běžně používány obiloviny jako zdroj sacharidů, je možné nahradit je nebo jejich část přídavkem řepkového semínka. Ještě vhodnější je použít krmnou směs (Výroba krmiv, spol. s r.o. Stříbrné Hory), kde obiloviny tvoří základ a jako „aditivum“ přidat např. řepkové výlisky a lněné semeno. Je nutné, zejména u lnu, kontrolovat použitou odrůdu (vhodné jsou zejména odrůdy JORDÁN, BONET, JITKA, TÁBOR, MARYLIN, VENCA, AGÁTA z odrůd předných a dále FLANDERS z odrůd olejných), protože na trhu jsou běžné i odrůdy lnu s opačným poměrem omega-3/omega-6 PUFA (např. odrůdy JANTAR, AMON a LOLA). Tyto odrůdy byly vyšlechtě-

ny pro vyšší výnosy, jejich použití jako krmných komponent pro ryby je však naprosto nevhodné! Vhodný je obsah n-3 PUFA min. 30 % nebo více. V kombinaci s přirozenou potravou (1 : 1) obsaženou v rybničním prostředí lze dosáhnout produkce kapra, ale i jiných rybničních druhů, s významně zvýšeným obsahem n-3 HUFA ve svalovině.

Příklad:

Chovný rybník o rozloze dvou hektarů s průměrnou přirozenou produktivitou 250 kg.ha⁻¹ je na začátku dubna nasazen obsádkou tříletého kapra obecného o průměrné kusové hmotnosti 1 kg a v hustotě obsádky, jejíž velikost při nasazení vyjádřená v kg/ha je optimálně dvojnásobkem, nejvýše však 2,3 násobkem hodnoty přirozené produktivity rybníka vyjádřená v kg.ha⁻¹. Tzn., že v tomto příkladu je nasazena obsádka kapra v počtu 500 ks.ha⁻¹. Plánováno je, aby ryby během jedné vegetační sezóny přirostly v průměru 1 kg, celkem tedy 500 kg.ha⁻¹. Celkově je na rybníce plánováno zkrmit 1 000 kg krmné směsi na ha při plánovaném krmném koeficientu 2 a celkovém přírůstku 500 kg.ha⁻¹. Násadový materiál by měl pocházet pokud možno z jednoho zdroje, ryby musí být v dobrém zdravotním a výživovém stavu (Fultonův koeficient nad 2,7). Rybník je napájen vodou z potoka tak, aby docházelo k doplňování množství odpařené vody, ale nedocházelo k vyplavování planktonu. Ryby jsou v průběhu vegetační sezóny přikrmovány třikrát týdně granulovanou krmnou směsí o složení dle tab. 4.

Tab. 4. Složení krmné směsi s prekurzory HUFA.

Komponent krmné směsi	Složení směsi v hmotnostních %	Rozmezí v hmotnostních %
Řepkové výlisky	15	12–20
Extrudované lněné semeno	15	10–20
Lněný olej	0	0–4
Řepkový olej	0	0–4
Pšenice + mouka + otruby	55	50–60
Kukuřice	6,5	6–15
Sojový šrot	6,5	5–10
Vápenec	1,5	1–2
Premix pro kapra Carp 0,3*	0,3	0,3
Wafolin**	0,2	0,2

*premix pro kapra Carp 0,3 (dodavatel Výroba krmiv, spol. s r.o.) je obchodně dostupná směs vitaminů, minerálií a nutričně účinných látek určená jako komponent krmných směsí pro kapra

**wafolin (Borregaard Lignotech, Norsko) je obchodně dostupný produkt na bázi lignosulfonátu určený pro zlepšení fyzikální stability krmných pelet

Velikost krmné dávky se pohybuje mezi jedním až třemi procenty aktuální hmotnosti obsádky a upravuje se v závislosti na teplotě vody, nasycení kyslíkem, a množství dostupné přirozené potravy. Důraz musí být kladen především na poměr mezi přiroze-

nou potravou a doplňkovou krmnou směsí, který by se měl držet na úrovni 1 : 1, ještě lépe ve prospěch přirozené potravy. Při dodržení všech těchto podmínek se následně relativní krmný koeficient pohybuje kolem hodnoty 2. Užité vlastnosti směsi tvořící krmivo jsou založeny na optimální kombinaci obsahu řepkových výlisků a extrudovaného lněného semene, které směsi dodávají poměrně levný a bohatý zdroj kyseliny alfa-linolenové. Kyselina alfa-linolenová jednak sama zvyšuje obsah omega-3 kyselin a dále je prekurzorem pro syntézu EPA a DHA. Dalším důležitým faktorem je, že směs má optimální poměr omega-3 a omega-6 mastných kyselin mezi 1 : 1 až 2 : 1, který je vhodný pro růst kapra a syntézu EPA a DHA. Další výhodou této směsi je to, že obsahuje dostatek esenciálních mastných kyselin pro dobrý růst kapra. Tento fakt je dále důležitý pro snižování tvorby a ukládání zdravotně nepříznivých nasycených a zdravotně neutrálních mononenasycených mastných kyselin v masě kapra. Toto krmivo se rybám podává ve formě granulí (potápivé, tlakem lisované, velikost 4 x 15 mm), aby nedocházelo ke ztrátám a separaci jednotlivých komponentů.

Na konci října je obsádka rybníka vylovena a převezena na sádky. Ryby jsou sádkovány po dobu jednoho měsíce (3–8 týdnů) a poté jsou zpracovávány na filety. Při zpracování rybí suroviny na filet je z břišní části odříznutím odstraněn zásobní tuk. Takto upravená rybí surovina je charakterizována množstvím a kvalitou tuku v 200gramové porci viz tab. 5.

Tab. 5. Charakteristika obsahu a složení tuku ve 200 g porci kapřího masa při aplikaci buď metody krmení směsí s prekurzory HUFA, nebo s využitím pouze přirozené potravy podle kapitoly 3.3.

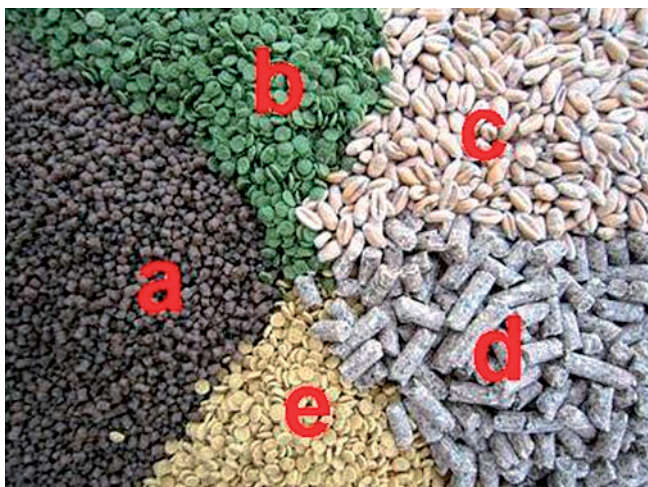
Sledovaný ukazatel	Průměr	Minimum	Maximum
Obsah tuku	15 g	6 g	20 g
Nasycené mastné kyseliny (SFA)	3 g	2 g	4 g
Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA)	6 g	4 g	8 g
Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)	3 g	1,5 g	3,5 g
Omega-3 PUFA*	1 g	0,7 g	1,2 g
Omega-3 : omega-6	1 : 1,75	1 : 1,5	1 : 2
Omega-3 HUFA	500 mg	250 mg	800 mg
EPA + DHA	300 mg	200 mg	400 mg

*včetně omega-3 HUFA

Metodický postup na technologii chovu kapra v rybníce pomocí krmné směsi s prekurzory HUFA vychází z užitého vzoru č. 21926, Úřadu průmyslového vlastnictví (2011) a dále z patentu č. 302744, Úřadu průmyslového vlastnictví (2011).

Na obr. 4 jsou příklady krmiv, potenciálně použitelných pro výkrm sladkovodních druhů ryb se zvýšeným obsahem omega-3 HUFA. Kompletní krmné směsi (a) s vysokým obsahem rybího oleje a rybí moučky jsou stále běžně používány v chovu lososovitých ryb, ale i okouna nebo candáta. Tyto směsi zabezpečují vysoký příjem HUFA

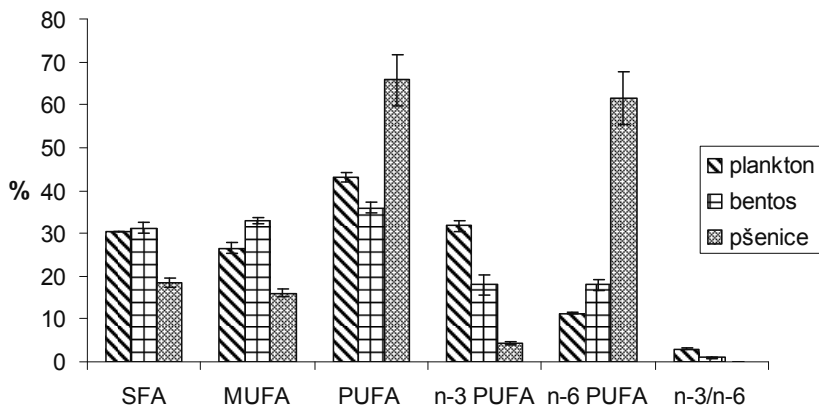
a z tohoto hlediska jsou nevhodnější variantou. Situace se stavy mořských druhů využívaných pro výrobu rybích olejů a mouček však do budoucna nahrává spíše jiným alternativám. Kompletní směs s přidavkem kultivovaných zelených řas (b) je jednou z těchto alternativ (viz kapitola 3.4.). V českém rybníkářství tvoří majoritu příkrmování obilovinami (c), které však z hlediska obsahu omega-3 MK příliš vhodné nejsou. Zajímavou pro rybníkářské podniky může být směs (d) s obsahem řepkových výlisků a lněného semene, jejíž použití a složení je popsáno v této kapitole. Podobnou, ale kompletní krmnou směsí pro kaprovité ryby je extrudovaná směs s podílem lněného a řepkového oleje (e). Komponenty jako rybí moučka a rybí olej jsou zde plně nahrazeny alternativními složkami. Osvědčuje se zejména v chovu plůdku kapra v řízených podmínkách a zabezpečuje vysoký příjem prekurzorů HUFA, především kyseliny α -linolenové.



Obr. 4. Příklady krmiv použitelných v chovu sladkovodních druhů ryb – a) kompletní směs s rybím olejem; b) kompletní extrudovaná směs s přidavkem zelených řas (10 %); c) pšenice; d) doplňková směs s řepkou a lnem; e) kompletní extrudovaná směs s řepkovým a lněným olejem.

2.3.3. Využití přirozené potravy

Přirozená potrava je zdaleka nejlevnější způsob, jak dosáhnout u ryb vysokého obsahu n-3 HUFA. Zejména plankton je velmi bohatý na omega-3 HUFA, včetně EPA a DHA a má rovněž poměr omega-3/omega-6 příznivý ve prospěch omega-3 HUFA. Plankton a bentos (obr. 6 a 7) tvoří v podmínkách chovu ryb v rybnících základ přírůstku.



Obr. 5. Srovnání kompozice mastných kyselin v planktonu, bentosu a pšenici.

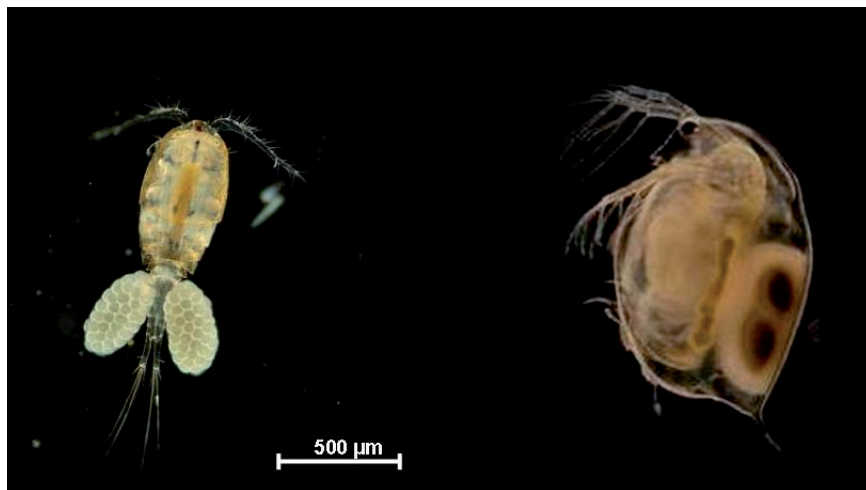
V případě používání obilovin jako zdroje sacharidů pro obsádku rybníka je tuk těchto ryb bohatý na olejovou kyselinu (18 : 1 n-9) patřící do skupiny MUFA (až 50 % z celkových MK v tuku těchto ryb). Ta je v těle ryb tvořena ze škrobu, který ryba přijímá s obilovinami. Obiloviny obsahují rovněž vysoké množství omega-6 PUFA, konkrétně kyseliny linolové (18 : 2 n-6), což je nevýhodné z hlediska lidské výživy. Na druhou stranu, pokud je využívána pouze nebo z podstatné části přirozená potrava, je tvorba kyseliny olejové potlačována a svalový tuk obsahuje velké množství omega-3 PUFA. Kompozice mastných kyselin v planktonu a bentosu se mění během vegetace v závislosti na druhích přítomných ve společenství. Největší zastoupení omega-3 HUFA v planktonu zjistil Mráz a kol. (2011) na podzim, kdy nejhojnějšími planktonními organismy byli klanonožci (*Copepoda*). Kompozici mastných kyselin planktonu a bentosu v porovnání s obilovinami zobrazuje obr. 5.

Chovem ryb v rybnících s využitím pouze přirozené potravy lze dosáhnout vysoké kvalitní rybí svaloviny s vysokým obsahem omega-3 HUFA, ovšem za cenu nižších obsádek nebo nižších přírůstků. Pokud je způsob hospodaření na rybníce podřízen např. ochraně přírody a nesmí se zde tedy přikrmovat, lze doporučit tento postup pro produkci kapra s vysokým obsahem omega-3 HUFA. Aby bylo zabezpečeno, že kapr dosáhne hodnot omega-3 HUFA ve svalovině, které jsou uvedeny v tab. 5, je třeba zajistit, aby byl kapr chován v rybnících s nižší obsádkou (rovnající se v kusech na hektar maximálně velikosti přirozené produktivity rybníka v kg na hektar, kdy ryby při nasazení mají kusovou hmotnost 1–2 kg). Přírůstek kapra je zde tvořen výhradně přírůstkem z přirozené potravy, kterou tvoří plankton a bentos, a to po dobu minimálně jedné vegetační sezony (minimálně květen až září včetně) bezprostředně předcházející dodání do tržní sítě.

Podobná situace je v chovu dravých druhů, např. candáta (*Sander lucioperca*). Tyto ryby nemají schopnost biosyntézy mastných kyselin a musí je přijmout v potravě. V přírodních podmínkách jsou to drobné rybky a další vodní živočichové. V intenzivním chovu jsou dodávány HUFA v potravě v podobě rybího oleje. Využití krmných rybek je zdrojem podstatně levnějším, protože tyto druhy přijímají plankton a bentos, kde je dostatek a vhodné složení HUFA a navíc je dokáží syntetizovat z omega-3 a omega-6 PUFA, kyseliny α -linolenovi a linolové, ve svém metabolismu.



Obr. 6. Zástupce rybníčního bentosu – pakomár kouřový – *Chironomus plumosus*.



Obr. 7. Zástupci rybníčního planktonu, vlevo *Acanthocyclops trajani*, vpravo *Daphnia magna*; (foto M. Bláha).

2.3.4. Využití alternativních zdrojů HUFA

Tato publikace pojednává o sladkovodních rybách, přesto je nutné zmínit možnosti náhrady rybího oleje a rybí moučky, které se začínají využívat v mořské akvakultuře, avšak mají do budoucna potenciál stát se zdrojem tuku a proteinu v krmných směsích i pro sladkovodní druhy. Jde o cílený chov různých druhů bezobratlých a jejich následné využití pro výrobu krmiv. Jedním z takových zdrojů je **krill**. Krill je souhrnný název pro skupinu drobných koryšů žijících v oceánech, kteří se živí planktonem a jsou nesmírně bohatí na HUFA. Lov krillu pro průmyslové i potravinářské využití sice probíhá, ale v poslední době se zkouší jeho cílený chov. Primárním cílem je snížení eutrofizace moře, protože krill odčerpává v potravě obrovské množství živin a sekundárním cílem je použití těchto živočichů v krmivu pro ryby jako náhrada rybího oleje a moučky.

Dalším způsobem je řízený chov určitých druhů **fyto- i zooplanktonu**. Fytoplanktonní organismy (řasy – např. *Chlorella sp.* – obr. 4b) dokáží syntetizovat HUFA ve svém těle. Prozatím je tento způsob poměrně drahý, ale do budoucna představuje rovněž zajímavou možnost, jak získávat komponenty krmných směsí pro ryby bohaté na HUFA a zajistit „udržitelný rozvoj“ akvakultury.

2.3.5. Zpracování a kuchyňská úprava ryb

V kapitole 2.2.6. bylo popsáno, jak kuchyňská úprava ovlivňuje výsledné složení mastných kyselin, které člověk přijme. Při zpracování ryby o hmotnosti nad 2,5 kg je vhodné odříznout proužek břišní části (obr. 8), ve které se ukládá nejvíce zásobního tuku, až 30 % (Mráz, 2009). Tato část obsahuje především tuky (triacylglyceroly), které jsou bohaté na SFA a MUFA a obsahují velmi málo omega-3 PUFA. Odstraněním této části zajistíme v porci ryby podstatně vyšší procentuální příjem omega-3 PUFA. Pokud je však ryba chovaná pouze s využitím přirozené potravy nebo pokud dosahuje ve filetu nižšího obsahu tuku než 5 % (tzn. kapři zpravidla do hmotnosti cca 2,5 kg), není třeba tento krok aplikovat, protože v takovém případě břišní svalovina neobsahuje významné množství zásobního tuku ve formě triacylglycerolů.

V případě úpravy pokrmů z ryb s použitím oleje se doporučuje používat olej s vhodným poměrem omega-3/omega-6 PUFA. Jako nejvhodnější se jeví běžně dostupný řepkový olej. Vhodný je rovněž např. olej olivový, který obsahuje velké množství MUFA.



Obr. 8. Filet kapra s odříznutou břišní (adipózní) částí

Naopak použitím slunečnicového oleje přijmeme spolu s porcí ryby také velké množství n-6 PUFA (kyselina linolová), na které je slunečnicový olej bohatý. Při nákupu polotovarů z ryb je důležité věnovat pozornost složení výrobku. Velmi často se používá k přípravě právě slunečnicový nebo sójový olej (popř. jejich směs), které jsou z hlediska

zdravotních přínosů podstatně méně vhodné (složení běžných olejů viz tab. 2). Podle Sampels a kol. (2009) lze použitím nesprávného oleje při přípravě pokrmů podstatně omezit přednosti plynoucí ze složení tuků rybiho masa (viz kapitola 2.2.2.6.)

2.4. CHEMICKÁ ANALÝZA KOMPOZICE MASTNÝCH KYSELIN

Laboratorní analýza kompozice mastných kyselin má několik kroků. Prvním je **odběr vzorku**. V případě, že zjišťujeme složení MK z hlediska lidské výživy, je vhodné odebrat všechny jedlé části, tzn. celý filet ryby, který je následně rozebrán a teprve potom se odebere analyticky reprezentativní vzorek. Potřebné množství je závislé na použité analytické metodě, v zásadě však postačí 1 g. Vzorek svaloviny je nutné v co nejkratší době po odběru zmrazit (nejlépe v tekutém dusíku) a uchovat hluboce zmrazený až do dalších analýz. Ideální je udržet vzorek zmrazený při teplotě nižší, než $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve fázi **extrakce tuku** (podle Hara a Radin, 1978) je vzorek homogenizován a smíchán s organickým rozpouštědlem nebo jejich směsí (např. HIP – hexan-isopropanol). Po přidání soli dojde úpravě polaritativity ve vzorku, čemuž se napomáhá odstředěním směsi. Lipidy spolu s rozpouštědlem (obr. 9) jsou poté ze vzorku odděleny a v dusíkové atmosféře jsou vyextrahované lipidy zbaveny rozpouštědla jeho odpařením. Po získání lipidů ze vzorků je lze buď separovat na jednotlivé třídy (triacylglyceroly, fosfolipidy, volné mastné kyseliny, cholesterol atd.) a zjišťovat kompozici mastných kyselin v těchto třídách (používá se metoda tenkovrstevné chromatografie – TLC – thin layer chromatography), nebo lze zjistit složení MK v celkovém tuku. Ještě předtím je nutné převést mastné kyseliny na jejich methylestery (FAME – fatty acid methyl esters). To se provádí **esterifikací** (podle Appelqvist, 1968). Jde o reakci kyseliny s methanolem za vzniku esteru kyseliny a vody. Získané metylestery použijeme k poslednímu kroku, kterým je **plynová chromatografie** (např. podle Fredriksson-Eriksson a Picková, 2007). Plynový chromatograf Varian CP 3800 je znázorněn na obr. 10. Jako nosný plyn je používáno helium. Jednotlivé mastné kyseliny a jejich množství jsou detekovány podle porovnání jejich píků (vrcholů) se standardem.



Obr. 9. Lipidy vyextrahované ze vzorku v teflonových zkumavkách.



Obr. 10. Plynový chromatograf Varian CP 3800 určený ke zjištění kompozice mastných kyselin.

3. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Tato metodika nenahrazuje žádnou stávající. Téma zdravé výživy obyvatel je v současnosti vysoce aktuální a využití rybího masa coby maximálně hodnotné potraviny stoupá na významu. Spotřeba ryb v ČR je na velice nízké úrovni, zatímco úmrtnost na choroby spojené s oběhovým systémem (ateroskleróza, infarkt myokardu apod.) je u nás velmi vysoká. Konzumace potravin s vysokým obsahem vysoce nenasycených omega-3 mastných kyselin dokáže těmto chorobám účinně předcházet. Metodika obsahuje přehled vlivů, které působí na kompozici mastných kyselin v těle ryb, přináší ucelený přehled funkce a vlivu mastných kyselin v lidské výživě, jejich obsah a možnosti jeho ovlivnění v mase sladkovodních druhů ryb. Je výsledkem výzkumu v oblasti kvality masa jak ve světě, tak v rámci autorského kolektivu. Podobný typ publikace dosud mezi chovateli a zpracovateli ryb v České republice chyběl.

4. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika by měla být pomůckou pro velko- i malochovatele ryb, stejně jako pro jejich zpracovatele. Výčet zde popsanych vnějších i vnitřních vlivů na složení tuku, respektive na kompozici mastných kyselin v rybách by měl sloužit jako soubor metodických pokynů, při jejichž dodržení budou chovatelé i zpracovatelé ryb produkovat rybí maso nejvyšší kvality.

5. EKONOMICKÉ ASPEKTY

V intenzivních chovech ryb (pstruh, siven, okoun apod.) lze předpokládat, že cena rybího oleje bude do budoucna nadále výrazně stoupat. Při aplikaci metody chovu „finishing feeding“ je možné v současnosti dosáhnout úspory cca 1 Kč na každý kilogram krmné směsi. Vzhledem k omezenému množství a stále se zvyšující poptávce po rybím oleji předpokládáme v příštích několika letech úsporu až 5 Kč na každý kilogram krmné směsi v případě, že rybí olej bude ve směsi z větší či menší části nahrazen olejem rostlinným nebo i směsí rostlinných olejů společně s rybím. V rybničním chovu je možné ušetřit finanční prostředky důsledným využíváním přirozené potravy, která by se měla podílet na přírůstku ryb minimálně z 50 %. Investice do jejího rozvoje se vrátí v následné nižší spotřebě krmiva pro příkrmování. Doporučuje se sezonní využívání krmiv bohatých na prekurzory (řepkové výlisky, len). Při aplikaci krmné směsi bohaté na prekurzory HUFA (př. řepka, len) se sice zvyšuje cena ryby řádově o 15–20 % (10 Kč) vlivem vyšších nákladů na krmení, ale zároveň významně stoupá dietetická hodnota masa.

6. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- Adámková, V., Kačer, P., Mráz, J., Suchánek, P., Picková, J., Králová Lesná, I., Skibová, J., Kozák, P., Mařatka, V., 2011. The consumption of the carp meat and plasma lipids in secondary prevention in the heart ischemic disease patients. *Neuroendocrinology Letters* 32 (Suppl. 2): 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*. 28: 551–570.
- Buchtová, H., Svobodová, Z., Křížek, M., Vácha, F., Kocour, M. & Velíšek, J., 2007. Fatty acid composition in intramuscular lipids of experimental scaly crossbreds in 3-year-old common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno* 76: 73–81.
- Csengeri, I., 1996. Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. *Archives of Animal Nutrition* 49 (1): 73–92.
- EFSA panel on Dietetic products, Nutrition and Allergies (NDA), 2010. 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* 8 (3): 1461.
- 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.
- Guler, G.O., Kiztanir, B., Aktumsek, A., Citil, O.B., Ozparlak, H., 2008. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and $\omega 3/\omega 6$ ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Besehir Lake (Turkey). *Food Chemistry* 108: 689–694.
- Hara, A., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytic Biochemistry* 90: 420–426.
- Jobling, M., 2004. Finishing feeds for carnivorous fish and the fatty acid dilution model. *Aquaculture Research* 35: 706–709.
- Kalač, P., Špička, J., 2006. Složení lipidů sladkovodních ryb a jejich význam v lidské výživě. *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích*, 57 s.
- Karamichou, E., Richardson, R.I., Nute, G.R., Gibson, K.P. and Bishop, S.C., 2006. Genetic analyses and quantitative trait loci detection, using a partial genome scan, for intramuscular fatty acid composition in Scottish Blackface sheep. *Journal of Animal Science* 84: 3228–3238.
- Kerry, J. and Ledward, D. (eds.), 2009. Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat (Woodhead Publishing Ltd.). Great Abington, Cambridge, 680 pp.
- Kiessling, A., Storebakken, T., Asgard, T., Kiessling, K.H., 1991. Changes in the structure and function of the epaxial muscle of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. *Growth dynamics. Aquaculture* 93 (4): 335–356.

- Kocour, M., Mauger, S., Rodina, M., Gela, D., Linhart, O., Vandeputte, M., 2007. Heritability estimates for processing and quality traits in common carp (*Cyprinus carpio* L.) using a molecular pedigree. *Aquaculture* 270 (1–4): 43–50.
- Kmínková, M., Winterová, R., Kučera, J., 2001. Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Czech Journal of Food Science* 19: 177–181.
- Leaver, M.J., Taggart, J.B., Villeneuve, L., Bron, J.E., Guy, D.R., Bishop, S.C., Houston, R.D., Matika, O., Tocher, D.R., 2010. Heritability and mechanism of n-3 long chain polyunsaturated fatty acid deposition in the flesh of Atlantic salmon. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part D: Genomics and Proteomics* 6 (1): 62–69.
- Mráz, J., Picková, J., 2011. Factors influencing fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle. *Neuroendocrinology Letters* 32 (2): 3–8.
- Mráz, J., Picková, J., Kozák, P., 2011. Krmivo pro kapra obecného a způsob chovu kapra obecného se zvýšeným obsahem omega 3 mastných kyselin. Patent. Úřad průmyslového vlastnictví, č. 302744.
- Mráz, J., Máchová, J., Kozák, P., Picková, J., 2011. Lipid content and composition in common carp – optimization of n-3 fatty acids in different pond production systems. *Journal of Applied Ichthyology*. (in press)
- Mráz, J., Picková, J., Kozák, P., 2011. Krmivo pro kapra obecného. Užitečný vzor č. 21926, Úřad průmyslového vlastnictví.
- Mráz, J., Picková, J., 2009. Differences between lipid content and composition of different parts of filets from crossbred farmed carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Physiology and Biochemistry* 35 (4): 615–623.
- Picková, J., 2009. 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* 58 (Suppl. 1): 39–45.
- Picková, J., Mörkőre, T., 2007. Alternate oils in fish feeds. *European Journal of Lipid science and Technology* 109 (3): 256–263.
- Tocher, D.R., Carr, J., Sargent, J.R., 1989. Polyunsaturated fatty acid metabolism in fish cells: differential metabolism of (n-3) and (n-6) series acids by cultured cells originating from freshwater teleost fish and from a marine teleost fish. *Comparative Biochemistry and Physiology* 94 (2): 367–374.
- Trattner, S., Ruyter, B., Ostbye, T.K., Gjoen, T., Zlabek, V., Kamal-Eldin, A., Picková, J., 2008a. Sesamin increases alpha-linolenic acid conversion to docosahexaenoic acid in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) hepatocytes: role of altered gene expression. *Lipids* 43 (11): 999–1008.
- Trattner, S., Kamal-Eldin, A., Brannas, E., Moazzami, A., Zlabek, V., Larsson, P., Ruyter, B., Gjoen, T., Picková, J., 2008b. Sesamin supplementation increases white muscle docosahexaenoic acid (DHA) levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high Alpha-linolenic acid (ALA) containing vegetable oil: metabolic actions. *Lipids* 43 (11): 989–997.

- Trattner, S., Pickova, J., Park, K.H., Rinchar, J., Dabrowski, K., 2007. Effects of alpha-lipoic and ascorbic acid on the muscle and brain fatty acids and antioxidant profile of the South American pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture* 273 (1): 158–164.
- Sampels, S., Strandvik, B., Pickova, J. 2009. Processed animal products with emphasis on polyunsaturated fatty acid content. *European Journal of Lipid Science and Technology* 11 (5): 481–488.
- Steffens, W., 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture* 151: 97–119.
- Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J., Hartvich, P., 2007. Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture International* 15: 321–329.
- Vestergren, A.L., Trattner, S., Mráz, J., Ruyter, B., Picková, J., 2011. Fatty acids and gene expression responses to bioactive compounds in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) hepatocytes. *Neuroendocrinology Letters* 32 (2): 41–50.
- Zajíc, T., Mráz, J., Kocour, M., Pickova, J., 2011. White muscle fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) – comparison of four different crossbreds of Ropsha carp. *Diversification in Inland Finfish Aquaculture*, Faculty of Fisheries and Protection of Waters, Písek, 16th–18th May 2011, p. 77.
- http://eagri.cz/public/web/file/41487/RBYBY_12_2009.pdf (cit. 3. 2. 2011).

7. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- Adámková, V., Kačer, P., Mráz, J., Suchánek, P., Picková, J., Králová Lesná, I., Skibová, J., Kozák, P., Mařatka, V., 2011. The consumption of the carp meat and plasma lipids in secondary prevention in the heart ischemic disease patients. *Neuroendocrinology Letters* 32 (Suppl. 2): 17–20.
- Mráz, J., Picková, J., 2011. Factors influencing fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle. *Neuroendocrinology Letters* 32 (Suppl. 2): 3–8.
- Mráz, J., Picková, J., Kozák, P., 2011. Krmivo pro kapra obecného a způsob chovu kapra obecného se zvýšeným obsahem omega 3 mastných kyselin. Patent. Úřad průmyslového vlastnictví, č. 302744.
- Mráz, J., Picková, J., Kozák, P., 2011. Krmivo pro kapra obecného. Užité vzor č. 21926, Úřad průmyslového vlastnictví.
- Mráz, J., Schleichriem, Ch., Olohan, L.A., Fang, Y., Cossins, A.R., Zlabek, V., Pickova, J., 2010. Sesamin as a potential modulator of fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture Research* 41: 851–861.
- Mráz, J., Pickova, J., 2009. Differences between lipid content and composition of different parts of filets from crossbred farmed carp (*Cyprinus carpio*). *Fish Physiology and Biochemistry* 35 (4): 615–623.

- Mráz, J., 2008. Může být kapr obecný významným hráčem na poli funkčních potravin? – review. Bulletin VÚRH Vodňany 44 (2): 48–57.
- Pickova, J., Sampels, S., Berntsen, M., 2010. Minor Components in Fish Oil and Alternative Oils with Potential Physiological Effect. In: Turchini, Giovanni, Ng and Tocher, D.R. (Eds.), Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Diets. Chapter 11. CRC press, NY, 351–373.
- Pickova, J., 2009. 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 58 (1), 39–45.
- Pickova, J., 2009. Fish lipids. In: Afaf Kamal-Eldin and Robert A. Moreau (Eds.), Gourmet and Health-Promoting Oils. AOCS Press, 515–526.
- Zajíc, T., Vejsada, P., Vácha, F., Špička, J., Kouřil, J., 2010. Vliv technologie chovu na zastoupení mastných kyselin ve svalovině sumce velkého (*Silurus glanis* L.). Bulletin VÚRH Vodňany 46 (2): 25–33.

EXTERNÍ ODBORNÝ OPONENT

prof. Ing. Pavel Kalač, CSc.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra aplikované chemie

Studentská 13, 370 05 České Budějovice

INTERNÍ ODBORNÝ OPONENT

Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

OPONENT ZA STÁTNÍ SPRÁVU

Ing. Vladimír Gall

MZe Praha

Odbor státní správy lesů, myslivosti a rybářství (16230)

Těšnov 17, 117 05 Praha 1

Osvědčení o uplatněné certifikované metodice č. 112/204534/2011 – 16230/Nmet ze dne 29. 12. 2011

*Vydalo: Ministerstvo zemědělství, úsek lesního hospodářství, Sekce lesního hospodářství, Odbor státní správy lesů,
myslivosti a rybářství (16230), Těšnov 17, 117 05 Praha 1*

Adresa autorského kolektivu:

Ing. Tomáš Zajíc: zajict00@frov.jcu.cz

Ing. Jan Mráz, Ph.D.: jmráz@frov.jcu.cz

doc. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.: kozak@frov.jcu.cz

prof. Jana Picková, Ph.D.: jana.pickova@slu.se

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum
akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický,*

Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany

www.frov.jcu.cz

Vedici Metodik (Technologická řada)
vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod,
Zátiší 728/II, 389 25 Vodňany,
redakce: PhDr. Petr Kubát a Zuzana Dvořáková

Náklad: 200 ks, vydáno v roce 2011
Grafický design a technická realizace: iDigitisk s. r. o.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYDÁNÍ PUBLIKACE BYLO USKUTEČNĚNO
ZA FINANČNÍ PODPORY PROJEKTU:
INOVACE PREZENČNÍHO STUDIA BAKALÁŘSKÉHO STUDIJNÍHO OBORU RYBÁŘSTVÍ
(CZ.1.07/2.2.00/15.0076)

