



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Metody terénních analýz měření obsahu tuku v mase kapra obecného

J. Másílko, T. Zajíc, S. Sampels, J. Mráz, D. Hlaváč





Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Metody terénních analýz měření obsahu tuku v mase kapra obecného

J. Másílko, T. Zajíc, S. Sampels, J. Mráz, D. Hlaváč

**Vydání publikace bylo uskutečněno za finanční podpory projektu:
OP Rybářství 2007–2013:**

Metodiky II (2014–2015); reg. č. CZ.1.25/3.1.00/13.00482



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ RYBÁŘSKÝ FOND
„Investování do udržitelného rybolovu“

Obsahová část publikace byla zpracována za finanční podpory následujících projektů:

Výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT projektu CENAKVA
(CZ.1.05/2.1.00/01.0024) a projektu CENAKVA II (LO1205 v rámci programu NPU I)

Optimalizace chovatelských aspektů rybníční a intenzivní akvakultury
(GAJU 074/2013/Z)

Terénní analýza obsahu a kvality tuku ve svalovině sladkovodních ryb – implementace
do rybářské praxe (CZ.1.25/3.4.00/12.00107)

č. 152

Vodňany

ISBN 978-80-7514-015-9



OBSAH

1. ÚVOD DO PROBLÉMU	6
2. CÍL	12
3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA	12
4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY	13
5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS	23
6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE VE VÝROBĚ	23
7. SEZNAM LITERATURY	23

1. ÚVOD DO PROBLÉMU

Ryby, respektive rybí maso, jsou často zařazovány mezi nejkvalitnější potraviny. Z dietetického hlediska je v rybím mase ceněný obsah lehce stravitelných bílkovin, minerálních látek, vitaminů a zejména obsah a složení tuků. Rybí tuk je totiž jedinečným zdrojem polynenasycených (PUFA) a vysoce nenasycených (HUFA) mastných kyselin. V řadě studií bylo jednoznačně prokázáno, že konzumace rybiho masa má pozitivní účinky na zdraví člověka (např.: Williams, 2000; Simopoulos, 2008; Adámková a kol., 2011). Proto je velmi důležité věnovat pozornost výzkumu kvality masa ryb a implementaci jeho výsledků do běžné praxe v chovu ryb.

V České republice je konzumace rybiho masa velmi nízká, průměrná spotřeba je cca 5,5 kg na osobu, z čehož jen asi 1,5 kg připadá na ryby sladkovodní (MZe ČR, 2011). Oproti tomu se průměrná spotřeba ryb a vodních organismů v Evropě pohybuje na úrovni 22 kg na osobu/rok a v celosvětovém měřítku je to 18,4 kg (FAO, 2012). Z těchto údajů vyplývá, že Česká republika je ve spotřebě rybích produktů hluboko pod průměrnou celosvětovou spotřebou. Zároveň naše země v Evropě dlouhodobě zaujímá přední příčky v úmrtnosti na kardiovaskulární onemocnění (HFA-DB, 2014). Jednou z cest, jak riziko vzniku těchto chorob v populaci omezit, může být zvýšená konzumace rybiho masa. Je tedy zřejmá nutnost intenzivně podporovat a propagovat konzumaci ryb a produkty akvakultury pro zvýšení jejich konzumace v rámci ČR. V neposlední řadě je nutné apelovat na rybářské producenty, aby zákazníkům standardně nabízeli produkty v nejvyšší kvalitě.

Ryby, které jsou na trhu nabízeny, musí splňovat parametry hygieny a potravinové bezpečnosti a zároveň požadavky a nároky zákazníků, ať už z řad zpracovatelů nebo konečných spotřebitelů. Proto je nutné, aby došlo k propojení výrobních, zpracovatelských i obchodních vazeb k zajištění standardního a kvalitního produktu zajišťujícího spokojenost zákazníků. Kromě toho kvalitu ryb určuje celá řada dalších aspektů, přičemž jedním z nejvýznamnějších je množství a složení tuku v mase. Vedle možností úpravy a zvyšování kvality masa ryb, zejména výživou (Zajíc a kol., 2011; Mráz a kol., 2012), je třeba věnovat úsilí rozvoji a uplatňování inovativních způsobů měření a deklarace této kvality.

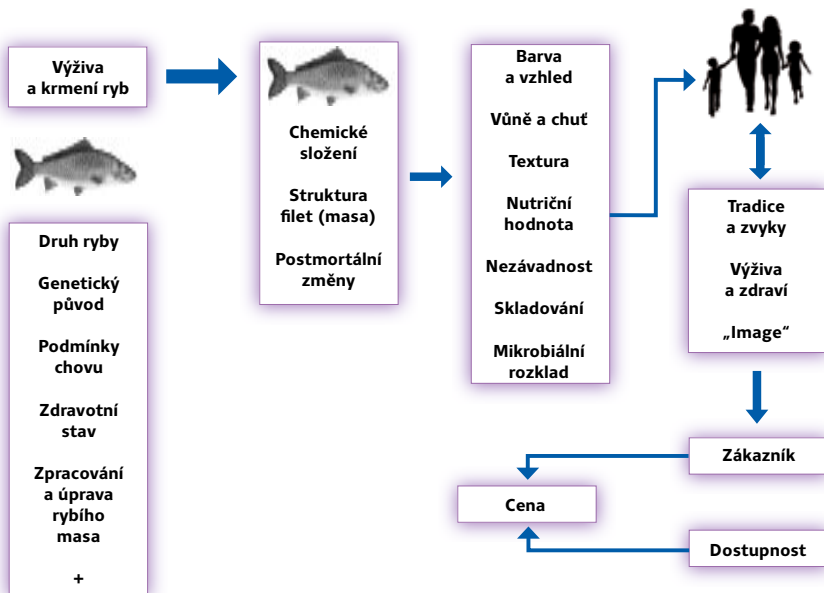
Vzhledem k tomu, že nejdůležitějším a nejsledovanějším aspektem určujícím dietetickou kvalitu rybiho masa je rybí tuk, je jednou z možností garance kvality měření jeho obsahu. Například u malých producentů kapra (*Cyprinus carpio*) v Bavorsku je stále běžnější přizpůsobovat aktuální cenu tržní ryby obsahu tuku ve svalovině (Oberle, ústní sdělení). Nejlépe zhodnotitelné jsou ryby mající rozpětí obsahu tuku mezi 5–10 % (Oberle, ústní sdělení). A právě

METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO

tato publikace je zaměřena na možnosti provozního testování (měření) obsahu tuku v těle ryb různými metodami, které se jeví jako potencionálně vhodné pro aplikaci v rámci produkčních podniků ČR.

1.1. Výživa ryb – vliv na kvalitu masa ryb

Ryby by měly být nedílnou součástí pestré a vyvážené stravy, která je jedním z hlavních předpokladů pro zdravý vývoj každého člověka. Kvalitou masa ryb se zabývají mnohé výzkumné instituce i samotné rybářské podniky s cílem poskytnout zákazníkovi zdravé a kvalitní produkty. Kvalita a cena rybiho masa a potažmo i rybích produktů je ovšem ovlivněna řadou faktorů a parametrů, se kterými se musí chovatelé, zpracovatelé a obchodníci potýkat (obr. 1). Faktory ovlivňujících kvalitu rybiho masa jsou uvedeny v přehledové publikaci Sampels a kol. (2014).



Obr. 1. Schematický přehled nejdůležitějších parametrů pro kvalitu a cenu masa ryb – (převzato a upraveno z Lie, 2001).

1.1.1. Chemické složení rybiho těla

Pro představu, jak lze ovlivnit kvalitu masa ryb, je nutné znát jeho chemické složení. Na chemické složení rybí svaloviny má vliv mnoho faktorů, z nichž

nejvýznamnější jsou druh ryby a výživa, dále pohlaví, věk, stadium pohlavního cyklu, životní prostředí, ve kterém ryba žije atd. (Lie, 2001; Vácha a Buchtová, 2005). Z toho plyne, že chovatel je schopen jen do jisté míry ovlivnit chemické složení masa ryb.

Obsah bílkovin

Bílkoviny rybího masa jsou považovány za plnohodnotné z důvodu obsahu všech esenciálních aminokyselin (Chen a kol., 2007; Buchtová a kol., 2009). Avšak složení a obsah bílkovin je specifický pro dané vývojové stadium a pro konkrétní druh ryby (Shearer, 2001). Z toho vyplývá, že tento faktor nemůže být zásadně ovlivněn výživou nebo podmínkami chovu. Obecně platí, že ryby mají velmi podobné složení a množství bílkovin – a to nejen v rámci stejného druhu, ale i mezidruhově. Toto množství, vyjádřeno v procentech, se liší jen v jednotkách %. U sladkovodních ryb uvádí Schreckenbach a kol. (2001) hodnoty v rozmezí 13–18 %.

Obsah popelovin

Obsah popelovin se stanovuje jako veškeré množství minerálních látek v rybí svalovině. Protože obsah popelovin, obdobně jako bílkovin, je endogenně regulován, nemůže být vnějšími podmínkami ovlivněn (Morris, 2001). K poklesu popelovin může docházet jen v ojedinělých případech, v nepříznivých životních podmínkách, které se projeví poklesem množství minerálních látek v kostech (Schwarz a kol., 2001).

Obsah sacharidů

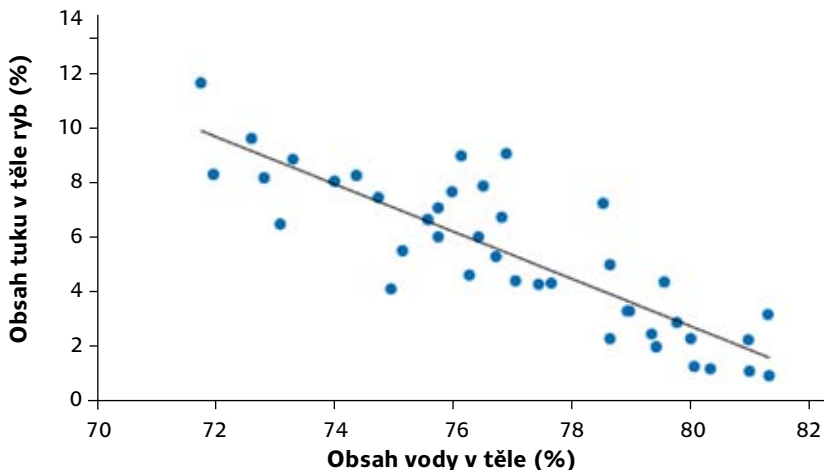
Podle Wilsona (1994) ryby z hlediska výživy nemají speciální nároky na obsah sacharidů v přijímané potravě. Sampels a kol. (2014) uvádí, že při nedostatku sacharidů jsou ryby schopné prostřednictvím glukoneogeneze naplňovat jejich fyziologické potřeby. Co se týče obsahu sacharidů ve svalovině, v těle sladkovodních ryb je velmi nízký, obecně do 1 % (Schreckenbach a kol., 2001). Převážně jsou přítomny monosacharidy, metabolické produkty a glykogen. Samozřejmě ve specifických případech může dojít ke zvýšení podílu sacharidů v rybím těle, ale ne v rybí svalovině. Podle Hemre a kol. (1995) při nadměrném množství lehce stravitelných sacharidů v potravě ryb dochází k nadměrnému ukládání glykogenu v játrech.

Obsah vody

Obsah vody v rybím těle je všeobecně vyšší v porovnání s ostatními, teplotně závislými hospodářskými zvířaty. Rozmezí obsahu vody u jednotlivých druhů ryb kolísá a nejčastěji udávané hodnoty jsou mezi 60–80 % (Huss, 1988).

METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO

Platí, že obsah vody klesá s rostoucím obsahem tuku a naopak. Tento vztah v těle kapra je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2. Vztah mezi obsahem vody a tuku v těle kapra (Másílko, nepublikovaná data).

Obsah vody může také kolísat v průběhu roku, resp. dle kondice ryb. Spangenberg a Schreckenbach (1984) poukazují, že plůdek kapra s dobrou (optimální) kondicí má nižší obsah vody a vyšší obsah tuku, zatímco plůdek se špatným (nedostačujícím) kondičním stavem má hodnoty přesně obrácené.

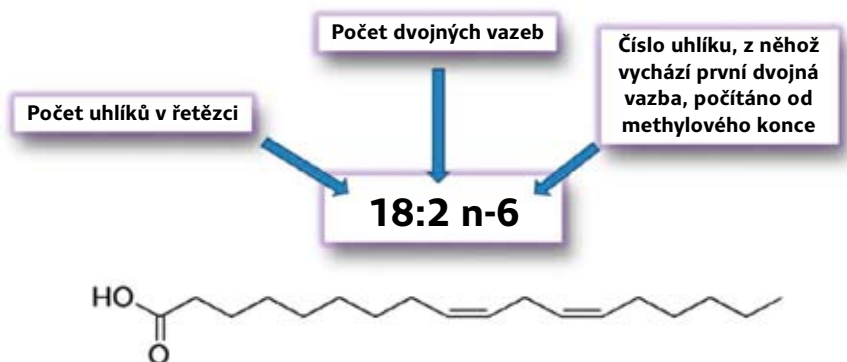
Obsah tuku

Tuky jsou podmnožinou široké heterogenní skupiny organických látek jak živočišného, tak i rostlinného původu – lipidů. Mráz a kol. (2012) dělí lipidy do tří základních skupin:

- **Jednoduché lipidy (homolipidy)** – do této skupiny právě patří tuky, dále oleje a vosky
- **Složené lipidy (heterolipidy)** – sem se řadí fosfolipidy, glykolipidy a lipoproteiny
- **Prekurzory, deriváty a látky podobných vlastností** – do této skupiny řadíme mastné kyseliny, steroly, prostaglandiny atd.

Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou základní stavební složkou tuků, olejů i dalších lipidů. Rozdíl mezi jednotlivými mastnými kyselinami je v počtu atomů uhlíku v řetězci, dále v přítomnosti, počtu, poloze a konfiguraci dvojných vazeb. Pro představu, obr. 3 znázorňuje formu zápisu a obecný vzorec mastných kyselin.



Obr. 3. Zkrácený zápis a strukturální vzorec mastné kyseliny (kyselina linolová).

Mastné kyseliny jsou označovány jako vyšší monokarboxylové kyseliny a dají se dělit podle dvou základních kritérií. Prvním a nejběžněji používaným je stupeň nasycení:

- **Nasyčené** mastné kyseliny (*saturated fatty acids*, **SAFA**) – zkratka vychází z anglického názvu pro tuto skupinu mastných kyselin, neobsahují žádnou dvojnou vazbu, tvoří dlouhé přímé řetězce, velké množství těchto kyselin je živočišného původu (sádlo, máslo, ale třeba i palmový olej).
- **Mononenasyčené** mastné kyseliny (*monounsaturated fatty acids*, **MUFA**) – obsahují jednu dvojnou vazbu, převážně rostlinného původu (olivový olej).
- **Polynenasycené** mastné kyseliny (*polyunsaturated fatty acids*, **PUFA**) – řetězec obsahuje dvě a více dvojných vazeb, vyskytují se v rybách a rostlinných olejích.
- **Vysocenasycené** mastné kyseliny (*highly unsaturated fatty acids*, **HUFA**) – obsahují 20 a více uhlíků, 3 a více dvojných vazeb, mají pozitivní vliv na lidské zdraví, vyskytují se v rybách.

Druhým kritériem, zřídka používaným, je dle délky řetězce:

- krátký řetězec (*short-chain fatty acids*, **SCFA**) – obsahují méně než 6 atomů uhlíku v řetězci;
- středně dlouhý řetězec (*medium-chain fatty acids*, **MCFA**) – v řetězci je 6–12 atomů uhlíku;
- dlouhý řetězec (*long-chain fatty acids*, **LCFA**) – obsahují 13–21 atomů uhlíku v řetězci;

METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO

- velmi dlouhý řetězec (*very long chain fatty acids*, **VLCFA**) – v řetězci je 22 a více atomů uhlíku.

Lipidy mají tu vlastnost, že nejsou rozpustné ve vodě, ale jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. V organismu často slouží jako rozpouštědlo některých lipofilních látek – především vitaminů (A, D, E, K), dále jsou zdrojem a zásobou energie. Avšak mnohé lipidy mají význam i z jiných hledisek. Například mají ochrannou a izolační funkci, dále jsou součástí biomembrán a mohou spolupůsobit při tvorbě buněčných membrán a některých hormonů (testosteronu, prostaglandiny). Lipidy ryb se liší od lipidů ostatních teplokrevných hospodářských zvířat. Zatímco ryby obsahují až 40 % mastných kyselin s dlouhým řetězcem o počtu 14 až 22 atomů uhlíku s 2 a více dvojnými vazbami, tak lipidy savců zřídka obsahují více než 2 dvojně vazby v jedné molekule. Faktory ovlivňujícími kompozici mastných kyselin u ryb se podrobněji zabýval bezpočet studií a pokusů (např. Henderson a Tocher, 1987; Kalač a Špička, 2006; Zajíc a kol., 2011; Mráz a Pickova, 2011; Zajíc a kol., 2013a).

Obsahu tuku v rybách je velmi ovlivněn výživou, především množstvím energie v krmivu. Sampels a kol. (2014) uvádí, že se zvyšujícím se obsahem stravitelné energie, popřípadě poměrem stravitelného proteinu a stravitelné energie, se zvyšuje obsah tuku v těle ryb. Obsah tuku roste i se vzrůstající hmotností, popřípadě věkem ryb (Morris, 2001). Jak již bylo uvedeno výše, ryby nemají speciální nároky na obsah sacharidů v přijímané potravě. Avšak pokud se zvýší obsah sacharidů v krmivu, dochází ke zvyšování obsahu zásobního tuku (Keshavanath a kol., 2002).

Naopak výrazný pokles tuku v rybím těle může způsobit hladovění ryb (např. sádkování). Zajíc a kol. (2013b) pozorovali změny obsahu tuku u kapra obecného v průběhu 70 denního sádkování. Na začátku sádkování kapři z polointenzivního chovu měli jednoznačně vyšší obsah tuku (7,3–8,7 %) než kapři z extenzivního chovu (3,5 %). S prodlužováním doby sádkování kaprům z polointenzivního chovu strměji klesal obsah tuku, zatímco kaprům na přirozené potravě poklesl jen nepatrně. Po ukončení pokusu měly ryby z polointenzivního i z extenzivního systému chovu zcela srovnatelné množství tuku v mase (3,2–3,5 %).

Distribuce tuku závisí především na velikosti a druhu ryby (Mráz a Picková, 2009). Dle jejich výsledků byl v mase kapra obecného zjištěn nejnižší obsah tuku v bílé, dorzální svalovině, kde kolísal mezi 1 a 2 %, zatímco v červené svalovině bylo zjištěno okolo 17 % tuku. Nejvyšší obsah tuku ve filetu byl zjištěn v adipózní (břišní) tkáni v abdominální části filetu, kde obsah tuku převyšoval 30 %. Podobný rozdíl v obsahu tuku ve filetu mezi bílou a červenou svalovinou byl pozorován u lososa atlantského (*Salmo salar*) (Wathne, 1995).

Mezi jednotlivými druhy ryb můžeme sledovat velké rozdíly v obsahu tuku a v jeho složení, respektive v kompozici mastných kyselin (Zajíc a kol., 2011). Sladkovodní ryby můžeme rozdělit dle obsahu tuku do tří základních skupin. Do kategorie „málo tučných“ se řadí ryby s obsahem do 2 % tuku, např. candát obecný (*Sander lucioperca*), okoun říční (*Perca fluviatilis*) nebo štika obecná (*Esox lucius*). Mezi „středně tučné“ řadíme ryby, které mají rozpětí mezi 2 a 10 % tuku ve svalovině, např. kapr obecný a pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*). Poslední kategorií jsou ryby „velmi tučné“ (obsah tuku je větší než 10 %). Do této kategorie ryb se řadí např. losos obecný (*Salmo salar*), tolstolobec pestrý (*Hypophthalmichthys nobilis*) a úhoř říční (*Anguilla anguilla*) (Henderson a Tocher, 1987; Schreckenbach a kol., 2001).

2. CÍL

Cílem technologie bylo ověření použitelnosti metod neinvazivního a/nebo nedestruktivního zjišťování kvality rybího masa *in situ*, tedy přímo v místě odchytu, prodeje nebo zpracování ryb. Předmětem technologie bylo konkrétně testování použitelnosti přístroje Fish Fatmeter model FM 692 od firmy Distell. com., dále iRaman Plus spektrometru pracujícího na principu tzv. Ramanova jevu a na zjišťování tučnosti ryby na základě manuálního měření výšky hřbetního tuku digitálním posuvným měřítkem. Technologie byla zaměřena na zjištění použitelnosti takových metod, respektive na správnost dosažených zjištění.

Pro řešení ověřené technologie bylo sestaveno několik otázek s cílem jejich zodpovězení:

- 1) Lze technicky provést požadovaná měření?
- 2) Jak úzce korelují dosažené výsledky s chemickou analýzou obsahu tuku ryb?
- 3) Mohou být metody použity v praxi?

3. MÍSTO, KDE SE TECHNOLOGIE OVĚŘOVALA

V rámci technologie byl využíván kapr obecný, jenž je hospodářsky nejvýznamnějším druhem produkovaným na území České republiky. Technologie se ověřovala v prostorách Jihočeské univerzity, Fakulty rybářství a ochrany vod (FROV JU) a na Farmě Tušň Ing. Miloše Cepáka, Ph.D.

4. POPIS TECHNOLOGIE A VÝSLEDKY

4.1. Pokusné ryby

Pro praktické ověření technologie byl použit užitkový hybrid kapra (fenotypově šupináč i lysec) v posledním produkčním roce, převážně ve věku čtyř let. Za účelem měření a zjišťování obsahu tuku byly vybrány skupiny ryb přikrmované rozdílným způsobem. První skupina byla přikrmována obilovinami (klasická polointenzivní chovná technologie), druhá skupina byla přikrmována krmnou směsí KP a třetí skupina byla ponechána pouze na přirozené potravě (extenzivní chov). Rozdílné způsoby výživy byly vybrány pro dosažení široké škály naměřených hodnot, v celé šíři možného obsahu tuku ve svalovině kapra. Rybníky byly vyloveny v průběhu října 2013. Hmotnost tržních kaprů byla v rozmezí 2–3 kg.

4.2. Metody stanovení obsahu tuku, měření a přístroje

4.2.1. Chemická analýza

Chemická analýza lipidů je nepřesnější metoda pro stanovení obsahu tuku v těle ryb. Proto výsledky z chemické analýzy byly brány jako základ pro posouzení přesnosti měření ostatními metodami. Pro přesné stanovení obsahu tuku chemickou analýzou je nutné odebrat reprezentativní vzorek rybí svaloviny. Postup odběru vzorku je podrobně popsán v metodice Zajíc a kol. (2011). Pro samotné stanovení obsahu lipidů existuje řada metod. Pro účely této studie byla použita dlouhodobě mezinárodně uznávaná metoda extrakce tuku podle Hary a Radina (1978) s minimální modifikací popsanou ve studii Zajíc a kol. (2013b).

4.2.2. Měření pomocí přístroje Distell 692 Fish Fatmeter (FFM)

Přístroj FFM (obr. 4) byl vyvinut jako zpětná vazba požadavku zákazníků, kteří si přáli měřit obsah tuku v těle ryb jednoduchou, rychlou, dostatečně přesnou a nedestruktivní metodou. Jak bylo uvedeno výše v textu, je znám vztah mezi obsahem vody a tuku v těle ryb. Na tomto principu pracuje přístroj FFM. Měření pomocí přístroje FFM může probíhat na živé, čerstvě zabitě, nebo zcela rozmražené rybě. Živá ryba by měla být zbavena nečistot opláchnutím či velmi šetrným otřením vlhkým hadříkem. U rozmražených ryb nesmí být povrch zcela suchý. Pro zajištění co nejpřesnějšího výsledku je obsah tuku měřen na čtyřech místech (bodech) na každé straně těla. První měření je vždy pod bází

hřbetní ploutve v dorzální části těla ryby. Další tři měření provádíme kaudálním směrem těsně nad postranní čarou směrem od hlavy k ocasní části těla kapra. To samé měření pak opakujeme na druhé straně těla ryby. Jednotlivé body jsou znázorněny na obr. 5. Přístroj získané dílčí výsledky z osmi měření přepočítá na průměrný obsah tuku a tuto hodnotu zobrazí na digitálním displeji. Navíc je možné načíst data přímo do počítače k následnému vyhodnocení bez nutnosti manuálního přepisování.



Obr. 4. Fish FatMeter v praktickém kufříku (Foto: J. Másílko).

Výrobce udává rozsah měření v intervalu 2–45 %. Přičemž u ryb s obsahem tuku 2–15 % je přesnost měření ± 1 %; u ryb s obsahem tuku 16–30 % je přesnost ± 2 % a ryby s obsahem tuku 31 % a více ± 4 %. K dispozici je kalibrace na více než 60 druhů, zejména mořských ryb. Ze sladkovodních je dostupná kalibrace pro kapra, pstruha, sivena a několik dalších, hospodářsky významných druhů ryb. Je však možná i kalibrace provedená přímo uživatelem podle instrukcí manuálu výrobce (Distell.com).

METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO



Obr. 5. Průběh měření přístrojem Distell 692 Fatmeter na kapru obecném (převzato a upraveno dle manuálu Distell.com).

Jedno zjištění obsahu tuku v analyzované rybě trvá cca 30 vteřin (obr. 5). Pokud budeme měřit obsah tuku v těle ryb pomocí tohoto přístroje přímo v terénu (např. kontrolní odlovy), měla by ryba být na navlhčené podložce (obr. 6). Naopak budeme-li obsah tuku měřit na zpracovně, ideálním podkladem je plast. Měřená ryba by neměla být přímo na podložce či stole z kovového materiálu.



Obr. 6. Měření obsahu tuku na živém kapru při kontrolních odlovech (Foto: D. Hlaváč).

Na živé rybě tržní velikosti je téměř nemožné vizuálně poznat, zda je ryba „přetučnělá“ nebo naopak má-li nízký obsah tuku. Existuje však způsob, jak s vysokou spolehlivostí zjistit obsah tuku v těle kapra na základě přístroje FFM. Postup měření pomocí FFM je aplikovatelný zejména během vegetační

sezóny při doplňkovém přikrmování kaprů (převážně obilovinami), kdy úpravou krmné dávky můžeme regulovat příjem sacharidů, a tím omezit "tučnění" ryb. Samozřejmě tento přístroj může být použit i na zpracovnách pro zjištění kvality, resp. obsahu tuku v rybách.

Další výhodou tohoto přístroje je jeho odolnost proti vniknutí prachu či kapalin (označení IP 65). Přesto by přístroj neměl být úmyslně ponořován do vody či jakékoliv jiné kapaliny. Při běžné pokojové teplotě (18–24 °C) je provozní doba přístroje na jedno nabití 8–12 hodin. Další podrobné údaje popřípadě specifikace přístroje si může potenciální uživatel zjistit přímo od výrobce firmy Distell.com.

Pozn.: Jelikož je FFM velice sofistikovaný elektronický přístroj, je nutné brát v potaz i teplotu okolního prostředí – neměl by být vystaven přímým slunečním paprskům nebo být používán v mrazu. Nevhodné podmínky skladování a používání mají za následek velmi nepřesné výsledky měření (vlastní pozorování). Při teplotách pod 5 °C nebo naopak nad 25 °C je nutné přístroj zkontrolovat, zda měří správně – dle instrukcí manuálu výrobce (Distell.com).

4.2.3. Měření výšky hřbetního tuku

Nejjednodušší ze zde prezentovaných metod zjišťování obsahu tuku ve svalovině ryb je manuální měření výšky hřbetního tuku ryb při jejich zpracování. Přístrojově je tato metoda velmi nenáročná, postačí posuvné měřítko a filetovací nůž. Při zpracování (filetování) ryby dojde k odhalení hřbetní partie, ve které je patrná vrstva zásobního tuku. Tato vrstva je různě vysoká s ohledem na druh ryby, velikost, použitou chovnou a krmnou technologii a na ročním období. Po odstranění hlavy a vyfiletování ryb se měří výška hřbetního tuku 2 cm kaudálním směrem od hlavové části hřbetní partie trupu ryby. Obr. 7 ilustruje jednoduchost tohoto měření. Cílem této technologie bylo ověřit, zda existuje závislost mezi výškou hřbetního tuku a jeho skutečným obsahem ve filetu.

METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO



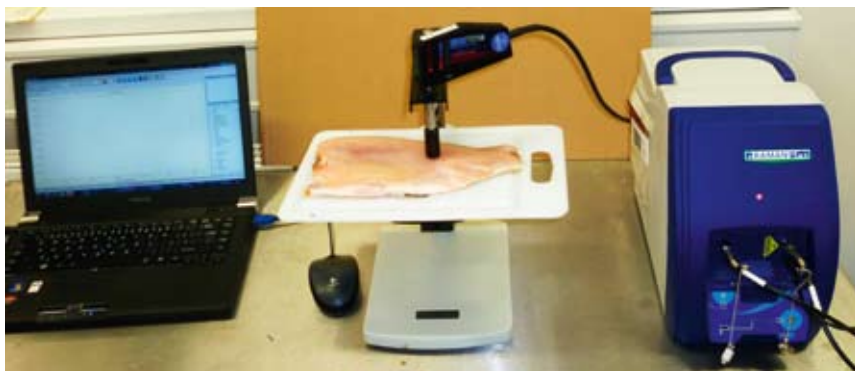
Obr. 7. Měření výšky hřbetního tuku kapra digitálním posuvným měřítkem (Foto: J. Másilko).

4.2.4. Měření přístrojem iRaman Plus (Raman)

Další možností pro zjišťování obsahu tuku v těle ryb by mohl být přístroj zvaný iRaman Plus. Ve své podstatě umožňuje systém Raman přímé použití na těle živé ryby. Nicméně, jedná se o laser a tedy tepelný zdroj. Přestože během měření nebyly zaznamenány změny na tkáni analyzovaných ryb, týmem bylo rozhodnuto používat Raman pro měření na filetu ryby, nikoli na těle ryb živých. Jedná se o analýzu invazivní, ale stále nedestruktivní, podobně jako v případě měření FFM. Avšak princip zjišťování obsahu tuku je zcela odlišný od přístroje FFM. Jedná se o použití Ramanovy spektrometrie, která vychází z analýzy více bodů na těle ryby, ze kterých je následně vypočítána průměrná hodnota naměřeného spektra. Důvodem je heterogenita rybí svaloviny, zejména v souvislosti s rozložením a složením tukových zásob. Obr. 8 znázorňuje oblasti na filetu vybrané pro měření, obr. 9 pak použití přístroje přímo na filetu. Tímto způsobem bylo v průběhu testování naměřeno více než 1 000 Ramanových spekter, což posloužilo k sestavení kalibrace pro daný typ svaloviny ryb. Tato kalibrace slouží následně jako tzv. *fingerprint* pro pozdější identifikaci neznámého vzorku pouze na základě měření, bez nutnosti aplikovat chemickou analýzu.



Obr. 8. Oblasti na filetu kapra obecného vybrané pro analýzu přístrojem iRaman Plus (Foto: T. Zajíc).



Obr. 9. Analýza filetu kapra obecného Ramanovým spektrometrem (Foto: T. Zajíc).

4.3. Výsledky

Při výlovu experimentálních rybníků byly vzorky ryb analyzovány výše prezentovanými metodami. Bylo testováno, zda lze obsah tuku v rybách orientačně odvodit i jinými způsoby, než použitím chemické analýzy. Při pohledu na graf (obr. 10) je zřejmé, že hodnoty naměřené pomocí přístroje FFM poměrně těsně korelují s výsledky chemické analýzy. Abychom zjistili, jak přesné je měření pomocí přístroje FMM bylo nutné výsledky mezi sebou statisticky porovnat. Pro porovnání obou metod byl zvolen z hlediska statistického přístupu Studentův párový test (tab. 1).

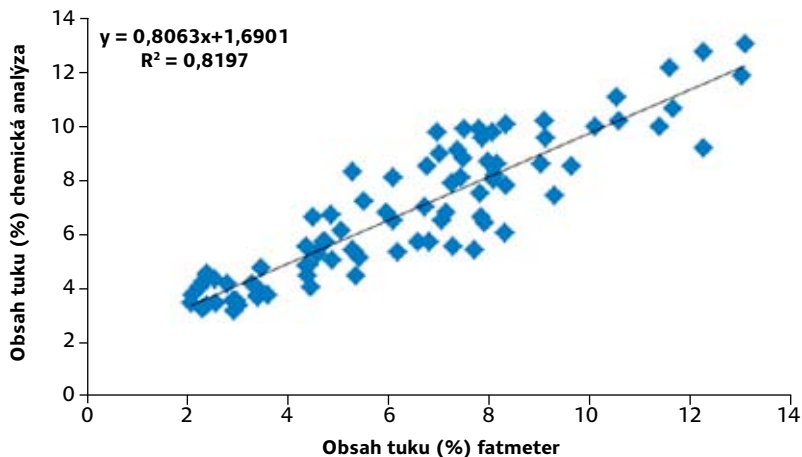
METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO

Tab. 1. Statistické vyhodnocení hodnot obsahu tuku v mase kapra obecného získaných chemickou analýzou a přístrojem Distell 692 Fatmeter.

Metoda měření obsahu tuku	Průměr (%)	Smodch	N	Odchylka od průměru (%)	t	Sv	p-value	Interval spolehlivosti	
Fatmeter	6,74	2,59	87	0,48	3,59	86	<0,01	-95 %	+95 %
Chem. analýza	6,27	2,91						0,21	0,74

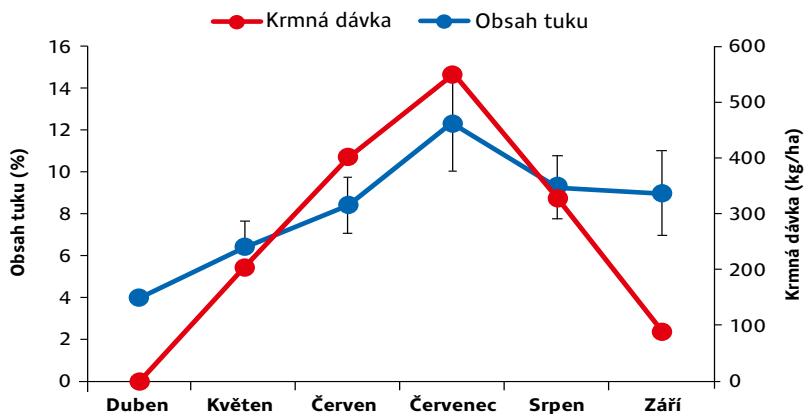
*Smodch – směrodatná odchylka; N – počet ryb; t – testová statistika; Sv – stupeň volnosti

Při analýze dat byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,01$) mezi hodnotami získanými chemickou analýzou a přístrojem FFM. Rozdíl středních hodnot obsahu tuku je uveden v tab. 1 a vyplývá z něho, že přístrojem FFM byly průměrně získávána data o 7,66 % vyšší než u chemické analýzy. Otázkou je, zda tato divergence má zásadní vliv na provozní použití přístroje. Z hlediska použití přístroje na zpracovně nebo v terénu a rychlosti měření je tento rozdíl nevýznamný. Navíc hodnoty získané pomocí přístroje poměrně úzce korelují s hodnotami z chemických rozborů (obr. 10), což podporuje jeho možnost využití v provozních podmínkách.



Obr. 10. Korelace obsahu tuku kapra obecného měřeného pomocí přístroje FFM ($n = 87$) v provozních podmínkách.

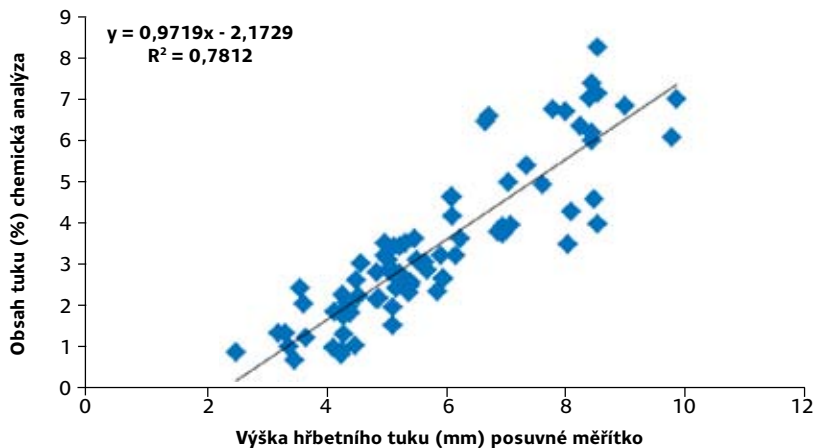
Měření obsahu tuku pomocí FFM může být využito v běžné rybníkářské praxi ke zjištění aktuálního obsahu tuku, kondičního a výživového stavu ryb během vegetační sezóny. Jak už bylo řečeno v úvodu, v sousedním Bavorsku se cena ryb, resp. tržních kaprů, odvíjí od obsahu tuku. Pokud bychom chtěli mít při výlovu kapra obsah tuku do 10 %, lze dle zjištěných dat upravovat přikrmování a tím efektivně regulovat příjem energie, resp. příjem sacharidů v předkládaném krmivu. Obr. 11 demonstruje obsah tuku v závislosti na krmné dávce v polointenzivním chovu kapra. Jak je patrné, tak se vzrůstající krmnou dávkou rostl i obsah tuku. V červenci byl naměřen průměrný obsah tuku 12 %. Zásahem do krmného plánu, respektive snížením krmné dávky ve zbývajících měsících, bylo dosaženo poklesu obsahu tuku při výlovu k hodnotám pod 10 %.



Obr. 11. Obsahu tuku kapra obecného zjištěný přístrojem FFM během vegetační sezóny 2013 v závislosti na množství předkládaného krmiva.

Metoda manuálního měření obsahu tuku pomocí posuvného měřítka je aplikovatelná zejména při zpracování ryb. Vzhledem k tvaru korelačního pole a rozsahu naměřených hodnot (obr. 12) byla využita k popisu vztahu mezi obsahem tuku v těle (v %) a výškou hřbetního tuku (v mm), pouze prostá lineární regrese. Zjištěné výsledky (obr. 12) jasně naznačují vysoký potenciál implementace této jednoduché metody do rybářské praxe. Při porovnání hodnot zjištěných chemickou analýzou svaloviny a hodnot získaných měřením posuvným měřítkem jsme došli k vysokému korelačnímu koeficientu ($r = 0,88$). Jinými slovy lze říci, že přesnost této metody oproti chemickému stanovení je vzhledem k terénnímu použití s přihlédnutím k téměř nulovým nákladům více než dostačující.

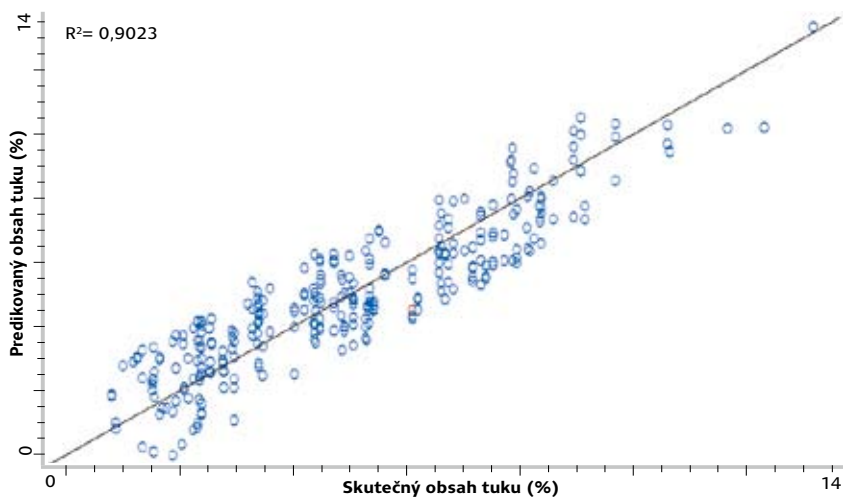
METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO



Obr. 12. Korelace výšky hřbetního tuku kapra obecného s obsahem tělního tuku ($n = 80$).

Předběžné výsledky iRaman plus

Obr. 13 vyjadřuje korelační závislost hodnot obsahu svalového tuku kapra predikovaných měření Ramanových spekter na hodnotách reálného (chemickou analýzou potvrzeného) obsahu svalového tuku kapra obecného.



Obr. 13. Kalibrační křivka hodnot obsahu tuku kapra, na ose x hodnoty zjištěné chemickou analýzou, na ose y hodnoty predikované z Ramanových spekter ($n = 151$).

Jedná se o přístroj, který nebyl doposud v praxi pro tyto účely použit, ale vysoká korelace naznačuje, že by mohl být vhodný ke zjišťování obsahu tuku v těle kapra, především díky jeho rychlosti a snadnému použití. Každá ryba byla analyzována nejprve Ramanovým spektrometrem a následně chemicky. Data na obr. 13 jsou předběžné výsledky tohoto způsobu měření. V současné době stále probíhají pokusy pro verifikaci předběžných výsledků.

4.4. Závěry

Lze technicky provést požadovaná měření?

Na základě výsledků a získaných zkušeností lze říci, že měření pomocí posuvného měřítka zvládne každý zaměstnanec rybářského podniku či zpracovny. Rovněž měření pomocí přístroje FFM zvládne bez problému každý pracovník. Avšak je nutné, aby kompetentní osoba provádějící měření byla proškolená nebo detailně seznámena s manuálem pro používání tohoto přístroje.

Pokud se týče Ramanovy spektrometrie, samotné získání dat (měření) je pro zaškolenou obsluhu bezproblémové. Následné vyhodnocení je přímo závislé na dostupnosti kalibrace pro danou vlastnost nebo druh ryby. Cíl technologie v podobě využití neinvazivních a/nebo nedestruktivních popřípadě terénních metod měření obsahu tuku u kapra byl z tohoto pohledu naplněn.

Jak úzce korelují dosažené výsledky s chemickou analýzou obsahu tuku ryb?

Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že korelační koeficienty vyjadřující závislost jednotlivých sledovaných vlastností se pohybují v průměru mezi 0,88–0,95, což představuje těsnou lineární závislost (Lepš, 1996). Navíc při statistickém porovnání chemické analýzy s přístrojem FFM byla zjištěna odchylka měření necelých 8 %, což se může považovat v provozních podmínkách za poměrně přesné měření. Lze tedy říci, že díky výsledkům uvedeným v této technologii, je možné provozně analyzovat a dopočítat obsah tuku u kapra obecného bez nutnosti použití drahého a časově náročného chemického rozboru.

Mohou být metody použity v praxi?

Dle zjištěných výsledků a zkušeností při testování přístrojů lze doporučit tyto metody pro běžnou rybářskou praxi, pro deklaraci kvality rybiho masa z hlediska obsahu tuku. Jak bylo uvedeno výše, po proškolení může jakýkoliv zaměstnanec rybářského podniku, zpracovny, kontrolor kvality masa, atp. těchto metod využít ke zjišťování obsahu tuku.

5. EKONOMICKÝ PŘÍNOS TECHNOLOGIE

V současné době lze pro přímé praktické využití doporučit metodu měření výšky hřbetního tuku ryb, která úzce koreluje se skutečným obsahem tuku ve svalovině dle chemické analýzy. Náklady na použití této metody jsou zanedbatelné a dosažené výsledky přesvědčivé. Tato metoda umožňuje velmi efektivně analyzovat resp. spočítat množství tuku ve svalovině kapra s prakticky „nulovými“ počátečními náklady. Potenciál pro využití v praxi má rovněž Fatmeter. Pořizovací cena je poměrně vysoká, cca 100 000 Kč, nicméně zjištěné údaje jsou přesné a použitelné jak pro obchodování s rybami, tak pro okamžité zjišťování kondičního a výživového stavu chovaných ryb během vegetační sezóny. Pokud bychom porovnali cenu FFM a návratnost investice vs. chemický rozbor, který se pohybuje okolo 1 000,- Kč za vzorek, je návratnosti investice dosaženo již za 100 měření. Přístroj navíc umožňuje i kalibrování hodnot pro další druhy ryb.

Lze předpokládat, že v tuto chvíli je v rybářském podniku ekonomicky nereálné využití Ramanovy spektrometrie. Pořizovací cena přístroje iRaman Plus je cca 1 000 000 Kč. Díky zde dosaženým předběžným výsledkům lze přístroj doporučit např. firmám zabývajícím se výrobou potravin a/nebo kontrolním orgánům sledujícím nezávadnost potravin, deklarované složení, apod. V takových provozech je již tato metoda využívána (např. detekce methanolu). Použití Ramanovy spektrometrie v kontextu s rybím masem představuje novou, potenciálně vhodnou aplikaci tohoto způsobu měření.

6. UPLATNĚNÍ TECHNOLOGIE VE VÝROBĚ

Poznatky a aplikace ověřené technologie jsou postupně uplatňovány na FROV JU a Farmě Tušť Ing. Miloše Cepáka, Ph.D. Mimo jiné se tato farma zabývá chovem ryb a souvisejícími činnostmi. Jak je patrné, lze výsledky této ověřené technologie aplikovat nejen do velkých rybářských podniků, ale i do malých chovů.

7. SEZNAM LITERATURY

- Adámková, V., Kačer, P., Mráz, J., Suchánek, P., Pícková, J., Králová-Lesná, I., Skibová, J., Kozák, 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.
- Buchtová, H., Svobodová, Z., Kocour, M., Velišek, J., 2009. Amino acids composition in fillets of mirror crossbreds Common carp (*Cyprinus carpio*, L.). *Acta Veterinaria Brno* 78: 337–344.

- Distell.com, Using the Distell Fatmeter. Technical manual fish fatmeter.
- FAO, 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture, Rome, Italy.
- Hara, A., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction of tissues with a low toxicity solvent. *Analytical Biochemistry* 90: 420–426.
- Hemre, G.O., Sandness, K., Lie, O., Waagbo, R., 1995. Blood chemistry and organ nutrient composition in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed graded amounts of wheat starch. *Aquaculture Nutrition* 1: 37–42.
- Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1987. The lipid composition and biochemistry of fresh water fish. *Progress in Lipid Research* 26: 281–347.
- HFA-DB (European Health for All Database) 2014. World Health Organization Regional Office for Europe. WHO Europe, 2014. <<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/databases/european-health-for-all-database-hfa-db2>>. Navštíveno 28 července 2014. Odkaz v textu: HFA-DB, 2014
- Huss, H.H., 1988. Fresh fish – quality and quality changes. FAO, Italy, 132 pp.
- Chen, Y.-C., Tou, J.C., Jaczynski, J., 2007. Amino Acid, Fatty Acid, and Mineral Profiles of Materials Recovered from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Processing By-Products Using Isoelectric Solubilization/Precipitation. *Journal of Food Science* 72: 528–536.
- Kalač, P., Špička, J., 2006. Složení lipidů sladkovodních ryb a jejich význam v lidské výživě. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 57 s.
- Keshavanath, P., Manjappa, K., Gangadhara, B., 2002. Evaluation of carbohydrate rich diets through common carp culture in manured tanks. *Aquaculture Nutrition* 8: 169–174.
- Lepš, J., 1996. Biostatistika. BF JU, České Budějovice, 166 s.
- Lie, Ø., 2001. Flesh quality – the role of nutrition. *Aquaculture Research* 32 (1): 341–348.
- Morris, P.C., 2001. The effects of Nutrition on the composition of Farmed Fish. In: Kestin, S.C., Warris, P.D. (Eds), *Farmed Fish Quality*. Fish New Books, Oxford, UK, pp. 161–179.
- 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., Pickova, J., 2011. Factors influencing fatty acids composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle. *Neuroendocrinology Letters* 32: 3–8.
- Mráz, J., Zajíč, T., Wanger, L., Kozák, P., Zrostlík, J., Pickova, J., 2012. Praktické ověření technologie chovu kapra obecného se zvýšeným obsahem omega-3 mastných kyselin. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 124, 42 s.

METODY TERÉNNÍCH ANALÝZ MĚŘENÍ OBSAHU TUKU V MASE KAPRA OBECNÉHO

- MZe, ČR, 2011. Situační a výhledová zpráva Ryby. Ministerstvo zemědělství, ČR, 45 s.
- Sampels, S., Levý, E., Mráz, J., Vejsada, P., Zajíc, T., 2014. Kvalita a gastronomie ryb a rybích výrobků. FROV JU, Vodňany, 247 s.
- Shearer, K.D. 2001. The Effect of Diet Composition and Feeding Regime on the Proximate Composition of Farmed Fishes. In: Kestin, S.C., Warriss, P.D. (Eds), Farmed Fish Quality. Fishing News Books, Oxford, UK, pp. 31–40.
- Schreckenbach, K., Knösche, R., Ebert, K., 2001. Nutrient and energy content of freshwater fishes. Journal of Applied Ichthyology 17: 142–144.
- Schwarz, K., Bertelsen, G., Nissen, L.R., Gardner, P.T., Heinonen, M.I., Hopia, A., Huynh-Ba, T., Lambelet, P., McPhail, D., Skibsted, L.H., Tijburg, L., 2001. Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidants compounds. European Food Research and Technology 212 (3): 319–328.
- Simipoulos, A.P., 2008. The omega-6/omega-3 fatty acids ratio, genetic variation, and cardiovascular disease. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 17:131–134.
- Spangenberg, K., Schreckenbach, K., 1984. On the origin of the spinning disease of common carp (*Cyprinus carpio*). Fortschr. Fischereiwiss. 3: 23–46.
- Vácha, F., Buchtová, H., 2005. Komodity akvakultury. Skripta. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 150 s.
- Wathne, E., 1995. Strategies for directing slaughter quality of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) with emphasis on diet composition and fat deposition. Doctor Scientarium Theses 1995: 6, Agricultural University of Norway, Ås, Norway.
- Williams, C.M., 2000. Dietary fatty acids and human health. Annales de Zootechnie 49: 165–180.
- Wilson, R.P. 1994. Utilisation of carbohydrates by fish. Aquaculture 124: 67–80.
- Zajíc, T., Mráz, J., Kozák, P., Pickova, J., 2011. Možnosti reprodukce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 112, 36 s.
- Zajíc, T., Mráz, J., Sampels, S., Picková, J., 2013a. Aplikace technologie „finishing feeding“ do chovu ryb v praktických podmínkách českého rybářství. Edice Metodik (technologická řada), FROV JU, Vodňany, č. 137, 38 s.
- Zajíc, T., Mráz, J., Sampels, S., Picková, J., 2013b. Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. Aquaculture 400–401: 111–119.

Poznámky

Poznámky

Odborný externí oponent

Ing. Martin Urbánek, Ph.D.

Rybářské sdružení České republiky, Pražská 495/58, 371 38 České Budějovice

Odborný interní oponent

Ing. Miloš Buřič, Ph.D.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický, Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

Ověření a uplatnění technologie 2014

Ing. Miloš Cepák, Ph.D. – farma Tušř, Tušř 150, 378 06 Suchdol nad Lužnicí

Adresa autorského kolektivu

*Ing. Jan Másílko, Ph.D., Ing. Tomáš Zajíc, Ph.D., M.Sc. Sabine Sampels, Ph.D.,
Ing. Jan Mráz, Ph.D., Ing. David Hlaváč*

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz a Ústav akvakultury, Husova tř. 458/102, 370 05 České Budějovice, www.frov.jcu.cz

V edici Metodik (technologická řada) vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod, Vodňany, www.frov.jcu.cz

*odborný editor: prof. Ing. Martin Flajšhans, Dr.rer.agr., Ing. Antonín Kouba, Ph.D.,
redakce: Ing. Blanka Vykusová, CSc., Zuzana Dvořáková,
náklad: 200 ks, 1. vydání, vytištěno v roce 2014,
Grafický design a technická realizace: Profi-tisk group, s.r.o.*



Fakulta rybnářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice



ISBN 978-80-7514-015-9

**Vydání a tisk metodiky je uskutečněno za finanční podpory projektu
OP Rybnářství 2007–2013:
Metodiky II (2014–2015), reg. č. CZ.1.25/3.1.00/13.00482**



**EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ RYBNÁŘSKÝ FOND
„Investování do udržitelného rybolovu“**