

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta rybářství a ochrany vod
Ústav akvakultury

Diplomová práce

**Kvalita lipidů našich hospodářsky významných
druhů ryb**

Autor: Bc. Jakub Krejsa

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Zajíc Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Jan Mráz Ph.D.

Studijní program a obor: Zootechnika, Rybářství

Forma studia: Prezenční

Ročník: 2.

České Budějovice 2015

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum:

Podpis:

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni s touto prací, zvláště pak vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Zajícovi Ph.D. a konzultantovi Ing. Janu Mrázovi Ph.D. a všem zaměstnancům laboratoře výživy za odbornou pomoc, metodické vedení, poskytnuté rady a připomínky při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat rodičům a přátelům, kteří mě vší silou podporovali a pomáhali mi.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub KREJSA**
Osobní číslo: **V13N010P**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybníkářství**
Název tématu: **Kvalita lipidů našich hospodářsky významných druhů ryb**
Zadávající katedra: **Ústav akvakultury**

Zásady pro vypracování:

Kvalita rybího masa je v posledních letech, kdy je kladen stále vyšší důraz na zdravý životní styl, vysoce aktuálním tématem. Ryby jsou hlavním zdrojem n-3 vysoce nenasycených mastných kyselin, především kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosaheptaenové (DHA). Tyto n-3 kyseliny jsou uznávány jako unikátní nástroj pro prevenci a léčbu mnoha civilizačních onemocnění, především pak kardiovaskulárního systému. Je smutným faktem, že Česká republika zaujímá dlouhodobě nejvyšší příčky v úmrtnosti právě na choroby spojené s kardiovaskulárním aparátem. Výzkumné aktivity jsou v tuzemsku zaměřeny především na kvalitu lipidů ryb produkovaných v akvakulturních chovech (rybníkářství a speciální zařízení). Produkce české akvakultury dosahuje stabilně cca 20 000 tun ročně. V České republice je však také registrováno více než 250 tisíc sportovních rybářů, kteří ročně z volných vod vyloví přes 4 500 tun ryb, které jsou v domácnostech konzumovány. Obsah a složení vysoce ceněných lipidů těchto ryb jsou však v literatuře často opomíjeny.

Cílem diplomové práce bude na základě statistických údajů o produkci, výlovu z volných vod a konzumaci analyticky zjišťovat obsah a složení lipidů ryb, které jsou nejvíce chovány v akvakultuře, a ryb nejvíce lovených sportovními rybáři. Náplní práce bude sepsání literárního přehledu popisujícího zevrubně daný problém, shromáždění vzorků svaloviny, jejich detailní analýza v chemické laboratoři s využitím plynové chromatografie, dále statistické zpracování a interpretace výsledků. Očekávaným výsledkem bude soupis hospodářsky nejdůležitějších druhů našich ryb, průměrný obsah lipidů ve svalovině a kompozice mastných kyselin. Součástí práce budou rovněž doporučení na konzumovaná množství svaloviny studovaných druhů ryb českou populací.

Rozsah grafických prací: podle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40-50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

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

Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S., Appel, L.J., Committee, f.t.N., 2002. Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. Circulation. 106, 2747-2757 s.

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

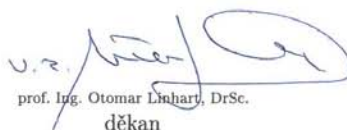
Özogul, Y., Özogul, F., Alagoz, S., 2007. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. Food Chemistry 103, 217-223 s.

Tocher, D.R., 2003. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. Reviews in Fisheries Science. 11, 107-184 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Zajíc, Ph.D.
Ústav akvakultury
Konzultant diplomové práce: Ing. Jan Mráz, Ph.D.
Ústav akvakultury

Datum zadání diplomové práce: 14. února 2014

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2015


prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.
děkan

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


Ing. Jan Mráz, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 14. února 2014

Obsah

1	Úvod	- 8 -
2	Literární přehled	- 10 -
2.1	Světový rybolov a akvakultura	- 10 -
2.2	Akvakultura v České republice	- 10 -
2.3	Sportovní rybolov v České republice	- 11 -
2.4	Spotřeba ryb	- 12 -
2.4.1	Spotřeba ryb v České republice a ve světě	- 13 -
2.4.2	Vliv rybího masa na lidské zdraví	- 14 -
2.5	Lipidy	- 15 -
2.5.1	Mastné kyseliny	- 15 -
2.5.2	Metabolismus mastných kyselin	- 17 -
2.5.3	Mastné kyseliny u sladkovodních ryb	- 19 -
2.5.4	Doporučení pro konzumaci	- 20 -
2.5.5	Nutriční lipidové indexy	- 20 -
2.6	Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům	- 21 -
2.7	Hospodářsky významné druhy ryb a jejich popis	- 23 -
2.7.1	Ryby z polointenzivních chovů	- 23 -
2.7.2	Ryby z extenzivních chovů	- 27 -
2.7.3	Ryby chované intenzivním způsobem	- 29 -
2.7.4	Mořské a diadromní ryby	- 31 -
3	Materiál a metodika	- 33 -
3.1	Popis vzorkování	- 33 -
3.2	Chemické analýzy vzorků	- 36 -
3.2.1	Extrakce lipidů	- 36 -
3.2.2	Příprava metylesterů mastných kyselin (FAME)	- 37 -
3.2.3	Plynová chromatografie	- 37 -
3.2.4	Stanovení sušiny	- 38 -
3.2.5	Aterogenní a trombogenní index	- 39 -

3.2.6	Postup při stanovování výživových údajů „Big seven“ uvedené v nařízení evropského parlamentu a rady EU č. 1169/2011, o poskytování informací o potravinách spotřebitelům	- 39 -
3.2.7	Statistické vyhodnocení	- 40 -
4	Výsledky	- 41 -
4.1	Obsah tuku	- 41 -
4.2	Kompozice mastných kyselin	- 45 -
4.3	Obsah sušiny	- 55 -
4.4	Aterogenní a trombogenní index	- 56 -
4.5	Stanovení parametrů „Big 7“	- 57 -
4.6	Lipidové složení mořských a diadromních druhů	- 60 -
5	Diskuze	- 61 -
5.1	Obsah tuku	- 61 -
5.2	Kompozice mastných kyselin	- 64 -
5.3	Lipidové složení u diadromních a mořských ryb	- 69 -
5.4	Obsah sušiny	- 69 -
5.5	Nutriční lipidové indexy	- 70 -
5.6	Stanovení hodnot „Big 7“	- 70 -
6	Závěr	- 72 -
7	Použitá literatura	- 74 -
8	Seznam zkratk a použitých druhů ryb v této studii	- 82 -
9	Seznam tabulek, obrázků a příloh	- 83 -
10	Přílohy	- 86 -
11	Abstrakt	- 90 -
12	Abstract	- 92 -

1 Úvod

Konzumace rybího masa a rybích výrobků ve světě za poslední dekádu výrazně vzrostla. Obliba této suroviny je zapříčiněna především pozitivním vlivem na lidský organismus a díky celkově vysoce kvalitnímu složení této potraviny. Mezi hlavní přednosti rybího masa patří vysoký obsah polynenasycených mastných kyselin, především řady omega 3, a nízká kalorická hodnota. Omega 3 mastné kyseliny, z nichž nejdůležitější jsou EPA a DHA, se vyznačují svým pozitivním vlivem na kardiovaskulární systém, nervovou soustavu či obezitu. Jak bylo zmíněno, konzumace rybího masa má celosvětově stoupající tendenci. Bohužel, v České republice je tento trend velice nepatrný a naše země je v tomto ohledu hluboko za celosvětovým průměrem (MZe, 2014). Tento aspekt má i úzkou souvislost s tím, že Česká republika dlouhodobě zaujímá nejvyšší příčky v úmrtnosti na choroby spojené s kardiovaskulárním systémem. Velký vliv při tak nízké spotřebě hraje nízká informovanost a do určité míry rovněž nedůvěřivost k různým druhům ryb. Zároveň producenti ryb v České republice nabízejí celoročně relativně velice úzkou nabídku tuzemských ryb a i tento faktor negativně ovlivňuje jejich spotřebu. Druhou skupinou navazující na produkční rybníkářství je také sportovní rybolov, který má v České republice nebývale velkou základnu, která přesahuje 300 tisíc členů a vyloví (potažmo zkonzumuje) přes 4000 tun ryb ročně. Tímto nesporně vysokým číslem se sportovní rybáři velkou mírou podílejí na průměrné spotřebě ryb v naší zemi.

Tato diplomová práce je zaměřena zejména na vytvoření seznamu nejvýznamnějších hospodářských a sportovně lovených druhů ryb v České republice a na základě databázových, vědeckých, veřejných a především vlastních zjištění co nejpřesněji charakterizovat jejich základní nutriční složení, především obsah tuku a kompozici mastných kyselin. Je předpokladem, že takto získaná data budou použita jako základ pro naplnění podmínek Nařízení evropského parlamentu a rady EU č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Toto nařízení uvádí povinnost uvádět nutriční hodnoty u veškerých potravin. Těmito hodnotami je myšlen obsah tuku a z něj podíl SFA, obsah bílkovin, obsah sacharidů a z nich podíl cukrů, obsah soli a energetická hodnota. Tento výčet je označován jako tzv. „Big seven“ a Fakulta rybníkářství a ochrany

vod se, ve spolupráci s Rybářským sdružením ČR, zabývá správným uplatněním v rybářské praxi.

Zároveň bude tato diplomová práce sloužit ke zjištění neznámých a verifikaci existujících údajů o nutričním složení masa sladkovodních druhů ryb (zejména u nejsledovanějších charakteristik, kterými jsou obsah tuku a kompozice mastných kyselin). Součástí bude srovnání produkčně chovaných druhů s druhy ryb lovenými sportovními rybáři. V neposlední řadě je také cílem této práce přinést získané informace mezi konzumenty a tím napomoci ke zvýšení konzumace sladkovodních ryb v České republice.

2 Literární přehled

2.1 Světový rybolov a akvakultura

Produkce světového rybolovu je za poslední dekádu relativně stálá. Podle posledních údajů činí tato produkce přes 90 milionů tun a dosáhla svého maxima. Toto historické maximum je dáno přelovením oceánů (tzv: *overfishing*), kdy dochází k plnému využití světových lovišť. Stoupající poptávku po rybách a rybích výrobcích lze s úspěchem nahradit akvakulturními chovy (SOFIA, 2014).

Akvakultura je celosvětově nejrychleji rostoucím odvětvím produkce potravin. Roční nárůst produkce v posledních 30 letech dosahuje 8,5 % a v současné době tvoří podíl produkce z akvakultury 50 % celosvětové spotřeby ryb pro lidskou konzumaci. Mezi nejvíce produkováné druhy patří kaprovité ryby následované tlamounem nilským a pangasem (SOFIA, 2014)

Akvakulturní chovy se vyznačují velkou rozdílností v závislosti na systému odchovu. Lze je rozdělit na systémy intenzivní (přirozená potrava je 100 % nahrazena krmivem), polointenzivní (přirozená potrava je spojena s příkrmováním) a extenzivní (pouze na přirozené potravě (Dubský a kol., 2003). Celosvětová akvakultura lze dále rozdělit i podle podmínek pro chov, kontinentů či jednotlivých států.

2.2 Akvakultura v České republice

Akvakultura v České republice má dlouhou historii začínající na počátku druhého tisíciletí. Díky této časové ose trvající několik století se vytvořil žebříček chovaných ryb, které jsou oblíbené u zákazníka. Nejvíce produkovanou rybou je kapr obecný. Lososovité ryby, především pstruh duhový a siven americký, se díky stále větší oblibě stávají plnohodnotným konkurentem na našem trhu. Další druhy jsou předmětem spíše osobních preferencí konzumentů nebo cílem sportovních rybářů. Produkce ryb v České republice se už mnoho let pohybuje kolem 20 000 tun, v roce 2012 dosáhla 20 597 tun ryb (MZe ČR, 2013). Nejvýznamnější druhy, které byly v roce 2012 vyprodukovány, jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1.: Seznam nejvíce produkovaných ryb v České republice od roku 2010 do roku 2012 v tunách.

Druh ryby	2010	2011	2012
Kapr obecný	17 746	18 198	17 972
Amur bílý	488	412	456
Tolstolobik bílý	583	546	541
Pstruh duhový	476	580	380
Siven americký	262	235	263
Lín obecný	215	180	166
Štika obecná	105	112	68
Candát obecný	48	67	68
Sumec velký	47	49	52
Okoun říční	18	21	21
Ostatní	406	582	610
Celkem	20 394	20 982	20 597

(MZe ČR, 2013)

2.3 Sportovní rybolov v České republice

Sportovní rybáři, spadající pod ČRS a MRS, tvoří v České republice širokou základnu. Počet členů registrovaných v roce 2012 u ČRS byl 238 139 (ČRS, 2014) a u MRS 70 000 (MRS, 2014). Tato skupina odlovila z volných vod 4 033 tun ryb (MZe ČR, 2013). Nejvíce lovenou rybou je opět kapr obecný, ovšem v popředí se zde i karnivorní druhy viz tabulka č. 2. Množství ryb odlovených na udici nesmíme opomínat, protože tvoří významnou část celkové spotřeby ryb v České republice.

Tabulka č. 2.: Kusové a váhové porovnání jednotlivých lovených druhů ryb v České republice od roku 2010 do roku 2012.

Druh ryby	2010	2011	2012
	Ks / tuny	Ks / tuny	Ks / tuny
Kapr obecný	1 335 010/ 3 161	1 321 103/ 2 997	1 396 622 / 3207
Cejn velký	292 490/ 170	281 733/ 166	182 410 / 168
Pstruh duhový	142 659 / 57	147 417 / 60	140 404 / 58
Štika obecná	58 648 / 122	66 113 / 137	60 910 / 124
Pstruh obecný	57 086 / 18	63 385 / 22	71 765 / 25
Okoun říční	55 927 / 14	65 407 / 18	69 429 / 18
Candát obecný	52 244 / 106	55 022 / 105	45 990 / 89
Lín obecný	47 480 / 22	39 418 / 19	44 459/ 22
Karas stříbřitý	41 186 / 20	44 862 / 20	46 162 / 21
Úhoř říční	25 779 / 19	23 589 / 17	20 943 / 16
Amur bílý	25 070 / 89	31 692 / 111	27 161 / 91
Jelec tloušť	20 504 / 10	21 121 / 13	25 506 / 13
Siven americký	22 413 / 8	26 690/ 9	24 778 / 9
Sumec velký	9 644 / 93	10 297/ 97	11 208 / 105
Lipan podhorní	8 230 / 3	5 280 / 2	5 248 / 2
Bolen dravý	8 113 / 16	8 019 / 16	5 571 / 12
Tolstolobik bílý	1138 / 12	943 / 10	1049 / 11
Ostatní	276 566 / 50	314 050 / 40	314 728/ 42

(ČRS, 2014, MZe ČR, 2013, MRS, 2014)

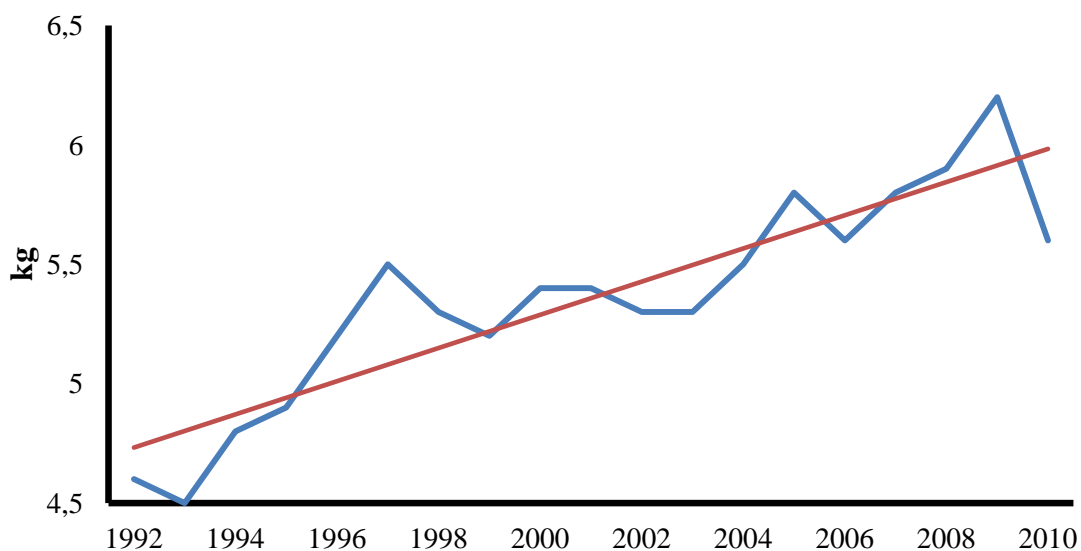
2.4 Spotřeba ryb

Tato kapitola se zabývá celosvětovou spotřebou ryb a spotřebou ryb v České republice. Ta se vyznačuje velkými rozdíly ve srovnání s doporučeními světově uznávaných autorit (WHO, FAO) či světového průměru v konzumaci. Rybí maso, přesněji tedy jeho konzumace, má velice pozitivní vliv na lidské zdraví a metabolismus. Tento vliv je popsán v kapitole 2.4.2.

2.4.1 Spotřeba ryb v České republice a ve světě

V potravinové politice mnoha států jsou ryby významnou složkou. Doporučená spotřeba rybího masa dle WHO činí nejméně 17 kg ročně (WHO, 2014). Průměrná spotřeba ryb v Evropské unii je o 6 kg nižší, ale každým rokem stoupá (MZe ČR, 2013). Stejný stoupající trend je i ve světě. V roce 1960 byla spotřeba ryb 9,9 kg na jednoho obyvatele. V roce 2010 už byla skoro dvojnásobná a přesahovala 18 kg (FAO, 2012).

V České republice je spotřeba ryb oproti doporučenému množství velmi nízká. Po dobu posledních deseti let se pohybuje kolem 5 kg na osobu. V roce 2012 byla spotřeba 5,7 kg na osobu, viz graf č. 1 (ČSÚ, 2012). Toto nízké číslo navíc představuje spotřebu celkovou. Z 5,7 kg tvoří pouze cca 1,5 kg ryby sladkovodní (MZe ČR, 2013; ČSÚ, 2012). Spotřeba ryb v České republice nedosahuje ani evropského průměru, ovšem trend spotřeby pomalu stoupá, viz graf: 1 (ČSÚ, 2012).



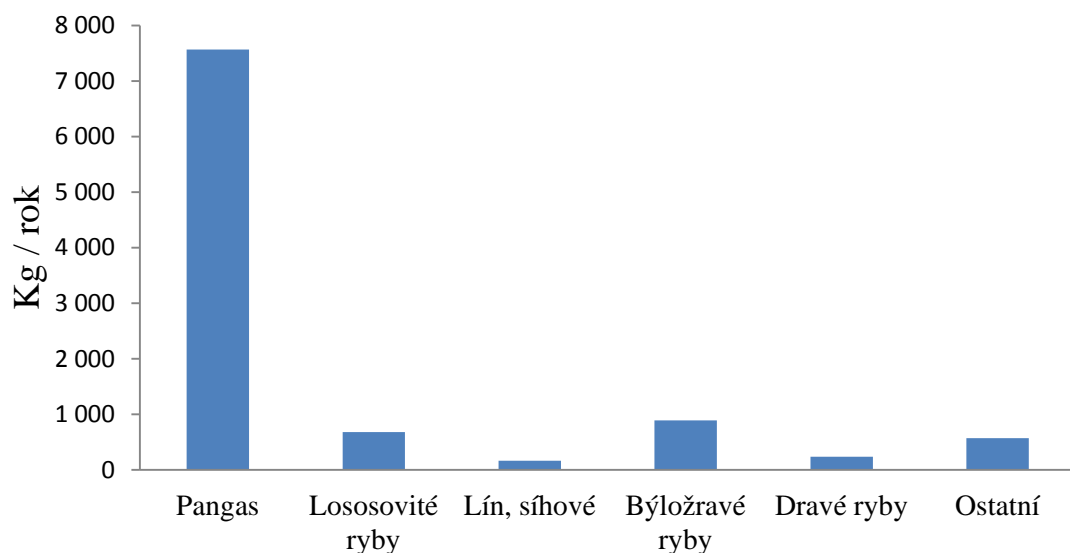
Graf č. 1: Spotřeba ryb v kg od roku 1992 do roku 2010 včetně stoupajícího trendu spotřeby v České republice (ČSÚ, 2012).

Zastoupení jednotlivých druhů ryb ve spotřebě obyvatelstva České republiky je uvedeno v grafu č. 2. V tomto grafu je zřetelné vysoké zastoupení pangase oproti českým sladkovodním druhům, ovšem dle ČSÚ (2012) toto relativně vysoké číslo rok od roku klesá. Obecně se předpokládá, že vrchol obliby pangase již nastal a zákazník začíná dávat přednost vyšší kvalitě před nízkou cenou.

Na spotřebě sladkovodních ryb se velkou měrou podílejí sportovní rybáři a jejich úlovky z volných vod. Při množství členů a odlovených ryb (4 033 000 kg ryb/ (238 139

+ 70 000 členů)), připadá na jednoho registrovaného rybáře spotřeba v průměru 13 kg (ČRS, 2014; MRS, 2014). Tato spotřeba je samozřejmě pouze teoretická. Jedním z důvodů, který může vyvolat určité nepřesnosti, je darování ryb (rybáři mají rybu zapsanou v úlovkovém listu, ale darují ji někomu jinému). Je tu ale i jiný aspekt, a to ten, že sportovní rybáři spoustu ryb nevidují. Ovšem budeme-li teoreticky počítat, že průměrný sportovní rybář zkonsumuje za rok 13 kg rybího masa, velice by se přiblížil doporučené roční spotřebě ryb stanovené WHO v roce 2014.

Jak bylo zmíněno výše, konzumace rybího masa a rybích komodit výrazně ovlivňuje lidské zdraví a má pozitivní vliv na mnoho chorob. Vzhledem ke statistikám lze konstatovat, že je-li nízká konzumace ryb, pak stoupá v dané populaci manifestace specifických chorob, zejména kardiovaskulárního charakteru.



Graf č. 2: Spotřeba jednotlivých druhů ryb v kilogramech bez kapra obecného v České republice v roce 2013 (Rybářské sdružení, 2014; ČSÚ, 2013).

2.4.2 Vliv rybího masa na lidské zdraví

Ryby představují nutričně hodnotné potraviny živočišného původu, obsahující ideální zastoupení proteinů, lipidů, vitamínů a minerálních látek. Rybí maso se vyznačuje lehkou stravitelností díky nízkému obsahu vaziva a pojivových tkání. Je dobře známo, že konzumace rybího masa pozitivně ovlivňuje lidské zdraví (Lund, 2013). Rybí maso snižuje riziko kardiovaskulárních a chronických onemocnění, slouží k prevenci mnoha typů rakoviny a v neposlední řadě omezuje vznik obezity (Lund, 2013; Kris-Etherton

a kol., 2002). Typickým příkladem pozitivního vztahu mezi lidským zdravím a konzumací ryb je Japonsko se spotřebou kolem 70 kg na jednoho obyvatele za rok. Díky této spotřebě je Japonsko národem s nejmenším výskytem obezity a úmrtí na kardiovaskulární onemocnění (Tacon a Metian, 2013). Tyto výhody jsou spojeny s vyváženým složením rybího masa a především se zastoupením a kompozicí rybích lipidů, zejména s vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin (Sampels a kol., 2014)

2.5 Lipidy

Lipidy jsou heterogenní skupinou látek, jejichž společnou vlastností je, že jsou hydrofobní a rozpouštějí se v organických rozpouštědlech. Lipidy můžeme dělit podle chemického složení na jednoduché (tuky, oleje a vosky), složené (fosfolipidy, glykolipidy, lipoproteiny) a v neposlední řadě na prekurzory, deriváty a látky podobných vlastností (mastné kyseliny, glycerol, steroly) (Velíšek, 2002; Mráz a kol., 2012).

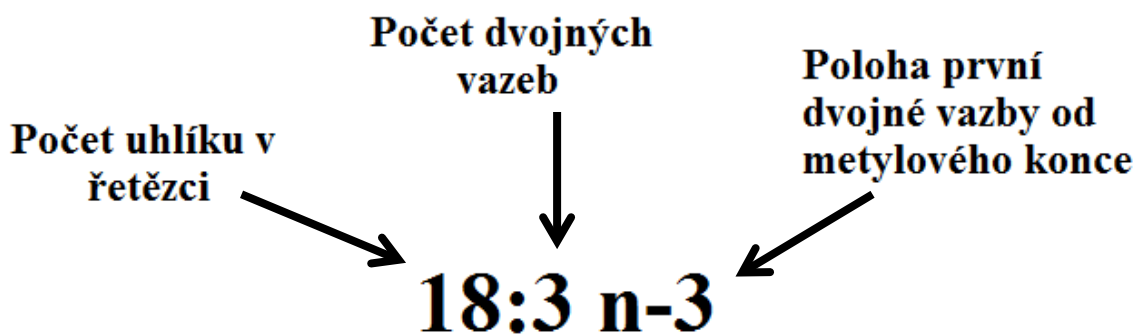
Další dělení spočívá v jejich funkci v organismu. Triacylglyceroly a mastné kyseliny slouží u ryb jako kvalitní zdroj energie, fosfolipidy jsou základní složkou buněčných membrán, cholesterol a steroly jsou prekurzory steroidních látek, eikosanoidy tvoří regulační látky atd. (Kalač a Špička, 2006; Velíšek, 2002).

Lipidy a mastné kyseliny jako jejich složky mají podstatnou úlohu jako zdroj energie pro růst, pohyb a reprodukci ryb. V lidské výživě plní lipidy také nezbytnou funkci spojenou s prenatálním vývojem, především mozkové tkáně (Velíšek, 2002).

2.5.1 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou z hlediska výživy nejvýznamnější složkou lipidů (Velíšek, 2002). Běžné vyšší mastné kyseliny obsažené v lipidech ryb jsou monokarboxylové, alifatické, s přímým řetězcem a sudým počtem uhlíků. Základní dělení mastných kyselin na nasycené a nenasycené se odvíjí od počtu uhlíků a dvojných vazeb obsažených v řetězci. SFA neobsahují žádnou dvojnou vazbu, nenasycené mastné kyseliny obsahují jednu a více dvojných vazeb v řetězci. Obsahuje-li řetězec jednu dvojnou vazbu, je označován zkratkou MUFA, pokud dvě a více, nazývají se PUFA. Kyseliny obsahující 20 a více uhlíků s minimálním obsahem 3 dvojných vazeb označujeme jako HUFA (Kalač a Špička, 2006). Mastné kyseliny jsou díky své rozdílné stavbě označovány zkráceným zápisem, viz obrázek č. 1.

Další dělení mastných kyselin je podle organizování dvojných vazeb v prostoru na cis neboli Z a trans neboli E (Velíšek, 2002).

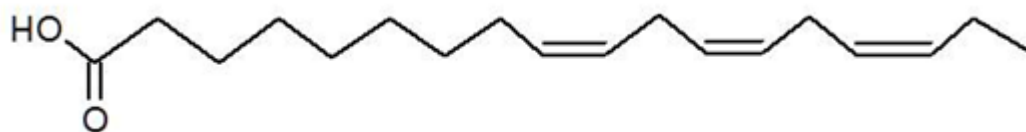


Obrázek č. 1: Zkrácený zápis mastných kyselin (převzato z: Zajíc a kol., 2011)

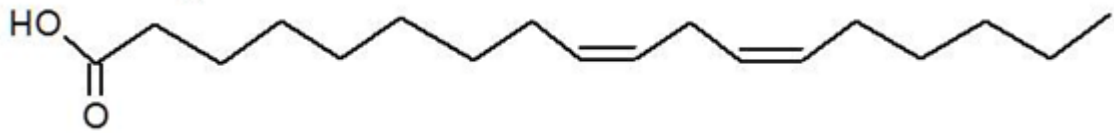
Mezi SFA se řadí například kyseliny stearová (18:0), myristová (14:0), laurová (12:0) a palmitová (16:0) (Sampels a kol., 2014). Zvýšená konzumace SFA vede ke zvyšování obsahu cholesterolu v krvi, prozánětlivému stavu organismu a dalším negativním vlivům, především na kardiovaskulární systém (Lefevre a kol., 2004). Mezi zdravotně problematické se řadí např. kyseliny laurová, myristová a palmitová (Kalač a Špička, 2006).

Typickým zástupcem MUFA je kyselina olejová (18:1 n-9). Tuky, které obsahují velké množství MUFA, jsou při pokojové teplotě tekuté (např. olivový olej) (Sampels a kol., 2014). Mastné kyseliny ze skupiny MUFA ovlivňují metabolismus cholesterolu a působí víceméně pozitivně na jeho hladinu v krevní plazmě, dále mají v organismu částečně antioxidantní a protizánětlivé účinky (Peréz a kol., 2007).

PUFA jsou při nízkých teplotách tekuté. Tyto mastné kyseliny se rozdělují podle polohy dvojně vazby od metylového konce na n-3, n-6, n-9, atd. (Sampels a kol., 2014). Do této skupiny jsou řazeny dvě esenciální mastné kyseliny, kyselina LA (18:2 n-6) viz obrázek č. 2 a ALA (18:3 n-3) viz obrázek č. 3 (Kalač a Špička, 2006). Kyseliny LA a ALA syntetizují pouze rostliny, proto musí být přítomny v živočišné potravě. Tyto dvě mastné kyseliny jsou prekurzorem pro všechny řazené mezi HUFA, např. pro ARA (20:4 n-6), EPA (20:5 n-3) a DHA (22:6 n-3) (Sampels a kol., 2014; Kalač a Špička, 2006).



Obrázek č. 2: Strukturální vzorec kyseliny linolové (18:2 n-6)



Obrázek č. 3: Strukturní vzorec kyseliny α -linolenové (18:3 n-3)

Kyseliny ARA, EPA a DHA jsou nedílnou součástí všech buněčných membrán (Steffens, 1997). Eikosanoidy tvořené z ARA a EPA ovlivňují funkci hladkého svalstva, imunitní a zánětlivé reakce. DHA je zastoupena ve vysoké koncentraci v nervové tkáni a ve fotoreceptorech oční sítnice (SPV, 2011).

Lidská výživa by měla obsahovat vyvážený poměr n-3 a n-6 mastných kyselin. Ten by měl být 1:5-6 ve prospěch n-6 (Kalač a Špička, 2006; Simopoulos, 2001). Důvodem je funkce n-3 a n-6 v organismu. Metabolity n-3 mastných kyselin jsou protizánětlivé (antiinflamatorní), zatímco metabolity n-6 mastných kyselin jsou obecně prozánětlivé (inflamatorní) (Bell a kol., 2004). Současná strava tzv. „Západního typu“ se odvíjí od velké konzumace obilovin, které jsou bohatým zdrojem n-6. Vzhledem k vysokému příjmu obilovin se může obsah n-6 v přijímané potravě patnáctkrát až dvacetkrát zvýšit oproti doporučenému standardu (Simopouluos, 2001). Tento nevyhovující poměr, který je momentálně v lidské výživě, má negativní dopad na kardiovaskulární systém (Simopoulos, 2008).

2.5.2 Metabolismus mastných kyselin

Bylo již řečeno, že mastné kyseliny jsou důležitým zdrojem energie. Ve formě triacylglycerolu mohou poskytovat více než dvojnásobné množství energie oproti karbohydrátům či proteinům o stejné hmotnosti. Metabolismus mastných kyselin se skládá z katabolického procesu, při kterém se vytváří energie a metabolity mastných kyselin a anabolického procesu, který vede ke tvorbě nových mastných kyselin. Mastné kyseliny jsou převážně formovány v játrech z acetylu-CoA v procesu známém jako syntéza mastných kyselin (Tocher, 2003). Všechny organismy jsou schopné biosyntetizovat SFA. Ty mohou být dále modifikovány vložení dvojné vazby na MUFA enzymatickou funkcí desaturázy, která je umístěna v endoplazmatickém retikulu (Tocher, 2003).

Mastné kyseliny řady n-3 jsou syntetizovány z ALA a n-6 z LA. Tyto dvě 18-uhlíkaté kyseliny jsou další enzymatickou činností (působení desaturáz a elongáz)

na HUFA viz tabulka č. 3 (Voss a kol., 1991). Intenzita této přeměny je různá a sladkovodní ryby mají v tomto případě významnou výhodu, jak bude dále popsáno v kapitole 2.5.3.

Tabulka č. 3: Metabolismus mastných kyselin

n-6 kyseliny		n-3 kyseliny
Linolová (C 18:2 $\Delta^{9,12}$)		a-linoleová (C 18:3 $\Delta^{9,12,15}$)
	↓ Δ^6 – desaturasa	
Γ -linoleová (C 18:3 $\Delta^{6,9,12}$)		Oktadekatetraenová (C 18:4 $\Delta^{6,9,12,15}$)
	↓ elongasa	
Eikosatrienová (C 20:3 $\Delta^{8,11,14}$)		Eikosatetraenová (C 20:4 $\Delta^{8,11,14,17}$)
	↓ Δ^5 - desaturasa	
Arachidonová (C 20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$)		eikosapentaenová (EPA) (C 20:5 $\Delta^{5,8,11,14,17}$)
	↓ elongasa	
Adrenová (C 22:4 $\Delta^{7,10,13,16}$)		dokosapentaenová (DPA) (C 22:5 $\Delta^{7,10,13,16,19}$)
	↓ elongasa	
Tetrakosatetraenová (C 24:4 $\Delta^{9,12,15,18}$)		Tetrakosapentoenová C 24:5
	↓ Δ^6 - desaturasa	
Tetrakosapentaenová (C 24:5 $\Delta^{6,9,12,15,18}$)		Tetrakosahexaenová C 24:6
	Beta oxidace	
Dokosapentaenová (C 22:5 $\Delta^{4,7,10,13,16}$)		dokosahexaenová (DHA) (C 22:6 $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$)

(Kalač a Špička, 2006; Sampels a kol., 2014)

2.5.3 Mastné kyseliny u sladkovodních ryb

Potravu ryb v rybniční akvakultuře nebo ve sportovních revírech tvoří hlavně přirozená potrava, tedy plankton a bentos, u karnivorních druhů také nekton apod. Pro pokrytí energetických potřeb chovaných ryb se v rybniční akvakultuře praktikuje tzv. polointenzivní způsob chovu, při kterém jsou energetické potřeby ryby (v rybnících zejména kapra obecného) naplňovány příkrmováním obilovinami. Primárními producenty n-3 HUFA jsou, stejně jako v oceánech, řasy. N-3 HUFA jsou prostřednictvím primární produkce převáděny do přirozené potravy ryb. Ryby nejenže přijímají n-3 HUFA z přirozené potravy, ale dokáží je i syntetizovat z ALA. Právě tato schopnost je pro sladkovodní, nedravé druhy typická a představuje významný rozdíl a jakousi „marketingovou“ výhodu oproti rybám mořským, které tuto vlastnost evolučně ztrácejí (Olsen a kol., 1990; Tocher, 2003). Schopnost biosyntézy ale může chybět u sladkovodních dravců, například štika obecná zřejmě potřebuje přijímat EPA v potravě (Henderson, 1996).

Sladkovodní ryby obsahují velké množství C 18 PUFA a také značné koncentrace EPA a DHA (viz tabulka č. 4) společně s těmito kyselinami obsahují i vysoký podíl n-6 PUFA a to zejména LA a ARA. Vyšší zastoupení n-6 PUFA v masě sladkovodních ryb oproti mořským rybám způsobuje nižší poměr n-3 a n-6 (Özogul a kol., 2007).

Obsah tuku a kompozici mastných kyselin ovlivňuje řada faktorů, mezi které patří například druh ryby, hmotnost, věk, roční období, typ tkáně, sádkování atd. (Sampels a kol., 2014). Sádkování je přechování tržních ryb od výlovu do doby jejich dodání na trh. Délka sádkování opět závisí na ročním období. Dochází při něm k vylehčení, přesněji k vyprázdnění obsahu střev a vzhledem k tomu, že ryba nepřijímá potravu, dochází k vytvoření energie ze zásob tuku (Čítek a kol., 1998). V ČR se týká především kapra a má veliký vliv na obsah tuku (dochází ke snižování jeho zásob) (Zajíc a kol., 2011; 2013). Tímto procesem jsou nejprve spotřebovávány SFA a zvyšuje se tím relativní podíl PUFA a HUFA (Tocher a kol., 1989).

Tabulka č. 4: Obsah tuku (% poživatelného podílu) a zastoupení mastných kyselin v nejvýznamnějších českých rybách (Kalač a Špička, 2006).

Druh ryby	Tuk (%)	Palmitová (%)	Stearová (%)	Olejová (%)	LA (%)	ALA (%)	EPA (%)	DHA (%)
Kapr obecný	7	18,3	6	31,7	8,9	1,9	0,9	2,4
Cejn velký	5	15,6	3,8	30,2	4,6	5,7	9,5	4
Lín obecný	0,8	17,9	4,5	24,3	6,9	7,3	6,1	4,4
Sumec velký	11	17,8	6,3	45,9	7	1,3	1	2,7
Okoun říční	0,8	18,4	3,2	15,4	4	5,6	8,8	11,1
Štika obecná	0,9	16,4	5,9	22,7	3,7	4,5	5,4	20,6
Candát obecný	0,7	21,7	6,8	13,5	1,7	1,2	6,6	30,3

2.5.4 Doporučení pro konzumaci

Zdravotní a výživové organizace stanovily konkrétní množství pro příjem ryb a mastných kyselin. EFSA (2005); Kris-Etherton a kol. (2002); WHO/FAO (2003) a další uvedli doporučení pro konzumaci zahrnující minimálně 1-2 porce (celkově 200 – 400 g) rybiho masa týdně. Nenasycené mastné kyseliny obsažené v rybiho mase vytváří z rybiho pokrmů dietní potraviny s nízkou kalorickou hodnotou. Minimální hodnota příjmu mastných kyselin pro lidskou populaci je 250 mg EPA + DHA, 2g ALA a 10 g LA denně (EFSA, 2010) pro běžnou populaci. Naproti tomu Kris-Etherton a kol. (2002) udává doplnit stravu o 0,5 – 1,8 g×den⁻¹ EPA a DHA pomocí ryb nebo rybiho výrobků a zvýšit příjem ALA na 1,5 – 3 g×den⁻¹. Vyšší příjem ALA lze zabezpečit mimo jiné konzumací ořechů, sóji, rostlinných olejů atd. (Kris-Etherton a kol., 2002).

Doporučená denní dávka esenciálních mastných kyselin pro kojence je 4 % n-6 a 0,5 % n-3 z celkové přijaté energie. Pro další věkové kategorie, tj. děti, dospívající a dospělí je doporučený příjem n-6 2,5 % a n-3 0,5 % z přijaté energie. Těhotné a kojící ženy by měly přijímat v průměru minimálně 200 mg samotné DHA denně (Simopoulos a kol., 1999).

2.5.5 Nutriční lipidové indexy

Stravovací návyky, jak už bylo popsáno, se nedílně a významně podílejí na vzniku onemocnění. Riziko vážnějších onemocnění lze eliminovat podávanou stravou. Jednou z potravin, která prokazatelně pomáhá pozitivně ovlivnit lidské zdraví, je rybiho maso díky svému nutričnímu složení a kompozici mastných kyselin. Právě kompozice mast-

ných kyselin slouží pro určení (výpočet) aterogenního (AI) a trombogenního indexu (TI) (Ulbricht a Southgate, 1991).

AI označuje poměr mezi součtem hlavních nasycených mastných kyselin (laurová kyselina 12:0, myristová 14:0 a palmitová 16:0) a sumou MUFA a PUFA. Výsledkem tohoto indexu je číslo uvádějící pravděpodobnost výskytu např. aterosklerózy (kornatění tepen v důsledku ukládání tuku do jejich stěn) (Senso a kol., 2007; Garaffo a kol., 2011; Ulbricht a Southgate, 1991).

TI je definován jako poměr mezi pro-trombogenními mastnými kyselinami (myristová 14:0, palmitová 16:0 a stearová 18:0) a anti-trombogeními mastnými kyselinami, do kterých patří MUFA, n-6 PUFA a n-3 PUFA. Hodnota TI udává možnost výskytu krevní sraženiny. Respektive čím vyšší TI, tím je vyšší pravděpodobnost výskytu krevní sraženiny (Senso a kol., 2007; Garaffo a kol., 2011; Ulbricht a Southgate, 1991).

Hodnoty AI a TI se u ryb pohybují většinou pod 1. Kupříkladu z literatury dostupné údaje jsou pro pstruha duhového 0,57 a 0,37, úhoře říčního 0,94 a 0,32 a makrely obecné 0,48 a 0,24. Pro srovnání, kokosový olej se vyznačuje hodnotami 13,63 pro AI a 6,18 pro TI (Fernandes a kol., 2014; Ulbricht a Southgate, 1991). Bez nutnosti podrobného studia lipidového složení té které potraviny tak může lékař, dietolog nebo sám konzument na základě jednoho čísla určit vhodnost dané potraviny pro specifický jídelníček pacienta, klienta apod. z hlediska jejího složení tuku. Vzhledem k malému množství informací o AI a TI u sladkovodních ryb je určení těchto indexů zařazeno do této diplomové práce.

2.6 Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům

Toto nařízení má za cíl poskytnout konečnému spotřebiteli základ, aby mohl učinit informovaný výběr (konečný spotřebitel by měl snadno porozumět informacím uvedeným na výrobku). Tato vyhláška, platná od roku 2011 (závazná je ale z větší části od 13. 12. 2014), udává seznam povinných údajů, které by měly být uvedeny na etiketě výrobku (např.: název potraviny, seznam složek, alergenní látky atd.) (MZE, 2014). Nově budou muset všechny potraviny (tedy včetně ryb) obsahovat povinné údaje o výživovém (nutričním) složení daného výrobku (od 13.12.2016). Mezi tyto výživové údaje se řadí energetická hodnota, množství tuku a SFA, obsah sacharidů, cukrů, bílkovin

a soli. Tyto hodnoty jsou slangově označovány jako tzv. „Big seven“ nebo „Velká sedmička“:

- **Energetická hodnota** - Energetickou hodnotu lze definovat jako obsah energie uváděnou v kcal nebo kJ na váhovou jednotku potraviny (SPV, 2011).
- **Tuk** - Tuky v potravě jsou důležitou energetickou složkou. Energetická hodnota přesahuje několikanásobně hodnoty sacharidů a bílkovin. Tato nutriční charakteristika je podrobněji popsána v kapitole 2.5.
- **SFA** – Jsou součástí tuků. Funkcí SFA v lidském organismu je mimo jiné tvorba steroidních hormonů nebo cholesterolu. Ovšem vyšší příjem těchto látek negativně ovlivňuje lidský organismus (např. zvyšuje obsah zmíněného cholesterolu). SFA jsou podrobněji popsány v kapitole 2.5.1.
- **Sacharidy a cukry** – Sacharidy a cukry tvoří společně s tuky nejdůležitější složky pro pokrytí energetické potřeby. Rybí maso ale obsahuje jen velice malé množství sacharidů a cukrů. Obsah těchto hodnot se pohybuje zpravidla pod 1%, velmi často spíše pod 0,5 % z celkové hmotnosti ryby (SPV, 2011)
- **Bílkoviny** – Bílkoviny z potraviny zásobují organismus aminokyselinami s mnoha dalšími dusíkatými sloučeninami, které jsou potřebné pro tvorbu bílkovin těla vlastních a mnoha dalších metabolicky aktivních látek. Obsah a složení bílkovin je specifický, přesněji – je geneticky předdefinován pro daný druh. Bílkoviny tedy nejsou v podstatě ovlivnitelné výživovými či chovnými podmínkami (Sampels a kol., 2014). Bílkoviny v rybím masu sladkovodních ryb jsou, vedle tuku, další složkou, která pozitivně ovlivňuje lidské zdraví (Rudkowska a kol., 2010).
- **Sůl** – Sůl (ve formě NaCl) se řadí mezi tzv. makro-elementy, tedy anorganické složky rybího masa. Sodík, který je nejvýraznější složkou solí v rybí svalovině, je zároveň nejčastějším kationtem extracelulární tekutiny a v podstatě určuje její objem a osmotický tlak. Z pohledu označování potravin se v tomto případě jedná o sůl přidanou, tedy ne přirozeně se vyskytující (Sampels a kol., 2014).

Je povinnost tyto hodnoty uvádět na etiketě a lze je také doplnit nepovinnými hodnotami, jako jsou MUFA a PUFA (HUFA), vláknina, škrob, vitamíny a minerální látky.

Výhodou tohoto nařízení je přesné uvedení složení výrobku včetně výživových hodnot. Zákazník jako konečný spotřebitel má tyto informace uvedené na etiketě a umožňuje mu to snadnější výběr. Nevýhodou je ale nutriční složení masa, především u ryb. Ry-

bí maso se vyznačuje vysokou proměnlivostí například v obsahu tuku v průběhu roku. Tyto odlišnosti se projevují v návaznosti na různorodosti chovatelského zařízení, na množství a kvalitě přijaté potravy a sádkování.

2.7 Hospodářský významné druhy ryb a jejich popis

Tato kapitola je zaměřena na popis a nutriční složení jednotlivých hospodářsky významných druhů ryb, rozdělených do skupin podle jejich nejčastějšího způsobu odchovu.

2.7.1 Ryby z polointenzivních chovů

Do této skupiny jsou zařazeny ryby z rybníční akvakultury (polointenzivní chovy), která je nejtypičtějším způsobem chovu v České republice a zároveň představuje produkci největšího objemu konzumovaných sladkovodních druhů ryb. Lze sem řadit kapra obecného, štika obecnou, candáta obecného, okouna říčního, lína obecného, amura bílého, tolstolobika bílého a tolstolobce pestrého.

Kapr obecný je nejvíce produkovaná a lovená ryba českých vod (Mze ČR, 2013). Tento druh se živí převážně zooplanktonem, zoobentosem a detritem (Dubský a kol., 2003). Vzhledem k vysokému obsahu těchto složek v krmění je kapr obecný dobrým zdrojem vitamínu D oproti rybám, které jsou chované na umělých krmivech (Stancheva a kol., 2014).

V našich podmínkách je přikrmován rostlinnými krmivy (nejčastěji obilovinami). Toto přikrmování významně ovlivňuje nutriční složení masa, zejména obsah a kompozici tuku (včetně poměru n-3/n-6 mastných kyselin). Tento poměr zásadně ovlivňují rostlinné produkty, které jsou bohatým zdrojem n-6 (Trbovic a kol., 2013). Jabeen a Chaudhry (2011) uvádí poměr n-3/n-6 0,27, zatímco Stancheva a kol. (2014) uvádí tento poměr několikanásobně vyšší, konkrétně 1,57.

Hodnoty obsahu tuku u kapra jsou velice rozdílné. Například Kalač Špička (2006) kapra řadí mezi středně tučné (5 – 15 % tuku) druhy. Podobné výsledky udává studie provedená Jabeenem a Chaudhrim (2011) nebo Ljubojevičem a kol. (2013a). Tito autoři tvrdí, že obsah tuku u kapra je na úrovni 10 %. Naproti tomu Özogul a kol. (2007) zařazují kapra mezi málo tučné ryby s obsahem tuku 0,88 %. Další studie provedená Castrem a kol. (2007) uvádí obsah tuku 1,19 % a zařazuje tedy kapra opět mezi ryby

s nízkým obsahem tuku. Spiric a kol. (2010) uvádí obsah tuku v rozmezí 2,73 – 6,74. Tato analýza byla provedena u šesti kusů kapra. Guler a kol. (2008) ve své studii popisuje rozdílný obsah tuku v průběhu roku, v zimním období je největší a činí 4,45 % a v létě nejmenší s pouhým 1,09 % tuku. Z uvedených studií vyplývá velká variabilita v obsahu tuku u kapra.

Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin se také velice liší. Özogul a kol. (2007) udávají obsah SFA 28 %, MUFA 13 % a PUFA 34 %. Naproti tomu Jabeen a Chaudhry (2011) udávají hodnoty u SFA 55,66 %, MUFA 32,9 % a PUFA 11,42 %. Stancheva a kol. (2014) publikují obsah SFA 46,37 %, MUFA 21,05 % a PUFA 32,58 %. Velké rozdíly v množství PUFA se odvíjejí podle množství obilovin, které je rybám podáváno v podobě příkrmování.

Kompozice jednotlivých mastných kyselin, především LA, ALA, ARA, EPA a DHA je velice důležitá pro konečného spotřebitele nebo konzumenta. Podle Özogula a kol. (2007) kapří maso obsahuje 6,39 % LA, 0,25 % ALA, 0,46 % ARA, 5,86 % EPA a 8,21 % DHA z celkového obsahu tuku. Stancheva a kol. (2014) uvádí obsah LA 3,38 %, ALA 4,77 %, ARA 3,04 %, EPA 4,16 % a DHA 4,68 % z celkového tuku. Naproti tomu Jabeen a Chaudhry (2011) uvádí výrazně nižší hodnoty EPA a DHA, přesněji 0,34 %, respektive 0,36 %.

Štika obecná má velký hospodářský význam. Je důležitým a sportovně velmi ceněným druhem. V rybníkářství je přisazována jako doplňkový druh, který reguluje množství tzv. „plevelných“ ryb. Štika obecná se v dospělosti živí výhradě rybami. Maso této ryby je bílé s obsahem tuku pod 1 %, přesněji v rozmezí 0,5 – 0,8 % (Žmijewski a kol., 2006). Jankowska a kol. (2007) dokonce uvádí hodnoty tuku 0,19 %. Ovšem Kucska a kol. (2006) uvádí množství tuku 2 – 2,4 %. Celkově se maso štiky považuje za maso dietní a lehce stravitelné (Dubský a kol., 2003). Obsah jednotlivých mastných kyselin u ryb velikosti od 1,2 do 1,4 kg se vyznačuje vysokým obsahem DHA (27,96 % i více) a EPA (v rozmezí 20 – 30 % z celkového obsahu tuku) (Jankowska a kol., 2007, Žmijewski a kol., 2006).

Candát obecný je chovaný v kaprových rybnících jako doplňkový druh. Jeho potrava se v mládí skládá především ze zooplanktonu. Starší jedinci konzumují larvy hmyzu a plůdek různých druhů ryb. Candát je považován za důležitou a vysoce ceněnou rybu českých vod. Vyznačuje se velmi chutným, kvalitním masem bílé barvy o vysoké diete-

tické hodnotě (Dubský a kol., 2003). Özogul a kol. (2007) nebo Cirkovic a kol. (2012) uvádí obsah tuku 0,38 – 0,39 % a Ljubojević a kol. (2013b) se ve výsledcích své studie přiblížili 1 % tuku. Ovšem jsou i studie uvádějící obsah tuku přes 1 % jako je například práce Yamady a kol. (2014), která tvrdí, že obsah tuku u candáta je 1,27 %. I díky těmto vlastnostem masa je candát považován za nejchutnější rybu sladkovodních vod (Hanel a Lusk, 2005).

Candát obecný je v dnešní době chován i v intenzivních chovech. Díky krmivu, které je podáváno v tomto systému, je vysoce ovlivněn i obsah tuku a jeho kompozice. Dle Jankowské a kol. (2003) se obsah tuku může dostat až na 3 % z celkové hmotnosti těla. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin u candáta obecného z recirkulačního systému dle Jankowské a kol. (2003) je u LA 6,09 %, ALA 1 %, EPA 8 % a DHA 1,8 % z celkového obsahu tuku.

Amur bílý je další hospodářsky ceněnou rybou z čeledi kaprovitých. Potrava této ryby se skládá ze zooplanktonu, řas a makrovegetace. Maso amura bílého má dobré chuťové vlastnosti a díky nízkému obsahu tuku (1,93 % podle Zhang a kol., 2013) a vyššímu obsahu bílkovin má vysokou výživovou hodnotu a proto je vhodné pro dietologické účely (Dubský a kol. 2003, Hanel a Lusk, 2005). Tuto teorii ovšem vyvrací Cirkovic a kol. (2012), kteří uvádí obsah tuku až 5,24 %. I zde je tedy značná variabilita ve zjištěných údajích.

Okoun říční je rybou vyskytující se ve všech typech vod. Jeho potravu tvoří larvy hmyzu, jikry, plůdek ostatních druhů ryb. Díky tomuto spektru potravy má kvalitní maso s velice význačnou chutí (Hanel a Lusk, 2005, Dubský a kol., 2003). Okoun se řadí mezi ryby málo tučné, obsah tuku se pohybuje kolem 0,6 – 1,5 % (Orban a kol., 2007; Mairesse a kol., 2006). Mairesse a kol. (2006) uvádí obsah tuku 1,5 %. Důvodem tohoto relativně vyššího procenta tuku je chov v akvakultuře, kde byly podávány více tukvané krmné směsi. Orban a kol. (2007) uvádí obsah SFA 30 – 31,64 %, MUFA 21 – 22 % a PUFA 41 – 42 %. Obsah EPA je v rozmezí 4,31 – 6,78 % a 18 – 23 % z celkového obsahu tuku pro DHA. Kompozice mastných kyselin se silně odráží od způsobu chovu okouna (Orban a kol., 2007).

Lín obecný vyhledává zarostlé a mělké části rybníků. Je to druh, který je významně hospodářsky ceněný a jeho produkce převážně určena pro vývoz do zemí západní Ev-

ropy (Dubský a kol., 2003). Lín obecný se vyznačuje bílým a chutným masem s obsahem tuku pod 1 % (Kalač a Špička, 2006; Cirkovic a kol., 2012; Dubský a kol., 2003, Özogul a kol., 2007). Lín se v dnešní akvakultuře chová i v podobě triploidních jedinců. Buchtová a kol. (2005) uvádí, že triploidizace může zvýšit obsah tuku o dvě třetiny oproti diploidním jedincům. Cirkovic a kol. (2012) uvádí obsah SFA 27,34 %, MUFA 28,18 % a PUFA 44,5 %. Obsah jednotlivých mastných kyselin je ovlivněn stejně jako SFA, MUFA a PUFA složením krmné dávky. Obsah LA se pohybuje kolem 3 % a ALA kolem 9 %. Naproti tomu se DHA pohybuje v rozmezí 1,2 – 14,5 % a ALA 4,28 – 7,4 % z celkového obsahu tuku (Cirkovic a kol., 2012; Steffens a Wirth, 2007).

Tolstolobik bílý a tolstolobec pestrý jsou chováni jako doplňkové ryby v rybnících, protože svými potravními nároky nekonkurují jiným druhům a jejich chov je ekonomicky výhodný (Dubský a kol., 2003). Pravdou také je, že tyto dva druhy rybáři v podstatě nerozeznávají. Prakticky totožné jsou i publikované hodnoty obsahu tuku a kompozice mastných kyselin. Maso těchto ryb je obecně více tučné, obsah tuku se pohybuje v rozmezí 18 – 27 % v závislosti na věku ryby (Razavi a kol., 2014). Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin se odvíjí od složení fytoplanktonu, který tvoří hlavní součást jejich potravy. Obsah SFA 24 – 30 %, MUFA 12 – 21 % a PUFA až 50 % (Razavi a kol., 2014; Vujkovic a kol., 1999). Tyto dvě ryby jsou dobrým zdrojem n-3 mastných kyselin, obsah ARA 8 – 12 %, EPA 7 – 12 %, a DHA 16 – 23 % (Razavi a kol., 2014), což v kombinaci s větším množstvím tuku představuje vysoké dávky těchto kyselin přijatých v porci masa konzumentem.

Sumec velký konzumuje od velikosti 5 cm pouze ryby. Jeho nároky na velikost lovených ryb se zvětšují s jeho velikostí. Sumec je vyhledávanou rybou ve sportovních vodách (Dubský a kol., 2003). Obsah tuku lze očekávat od 2 do 5 % (Cirkovic a kol., 2012; Hallier a kol., 2007; Jankowska a kol., 2004; Stancheva a kol., 2014; Ljubojević a kol., 2013a). Ovšem Özogul a kol. (2007) uvádí, že obsah tuku je 0,54 a řadí tedy tuto rybu mezi málo tučné ryby. Tyto hodnoty byly naměřeny u menších tržních sumců. Váha ryb se pohybovala v rozmezí 1,5 až 3 kg.

Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin se pohybuje na úrovni 24 – 30 % u SFA, 30 – 50 % MUFA a 21 – 39 % PUFA (Cirkovic a kol., 2012; Stancheva a kol., 2014; Ljubojević a kol., 2013a). Obsah EPA a DHA se opět velice variabilní. Stancheva a kol. (2014) udávají obsah 1,85 % EPA a 6,17 % DHA z celkového obsahu tuku,

kdežto Jankowska a kol. (2004) popisuje hodnoty o mnoho vyšší, u EPA 7,67 % a DHA dokonce 13,53 %. Ovšem tyto ryby byly chovány intenzivním způsobem se zdrojem HUFA v kvalitních, kompletních krmných směsích. V intenzivních chovech díky podávaným krmivům s vysokým obsahem tuků stoupá i obsah tuků ve svalovině.

2.7.2 Ryby z extenzivních chovů

Do této skupiny jsou zařazeny ryby, které jsou dle ČRS a MRS nejčastěji loveny sportovními rybáři. Lze sem zařadit pstruha obecného, cejna velkého, cejnka malého, ostroretku stěhovavou, karase stříbřitého, samozřejmě i veškeré ryby popsané v první skupině a některé ryby popsané níže, jako jsou siven americký či pstruh duhový.

Pstruh obecný je významným druhem především z hlediska sportovního rybolovu. Roční spotřeba je kolem 22 tun, přičemž toto množství pokrývá skoro z celé části sportovní rybolov. Jeho potrava se skládá z larev chrostíků, pošvatek, blešivců, červů a měkkýšů. Starší jedinci konzumují i ryby (Kouřil a kol., 2008). Maso pstruha obecného se vyznačuje vysokou kvalitou a chutností. Barva masa bývá bílá až mírně narůžovělá (Dubský a kol., 2003). Obsah celkového tuku u divoce žijících představuje 4 – 5 % (van Vliet a Katan, 1990). Naproti tomu studie provedená v Turecku na pstruhu obecném rodu *macrostigma* udává hodnoty obsahu tuku v rámci roku v rozmezí 1,48 – 3,5 % (Ateş a kol., 2013; Nihat a Nusret, 2013; Kaushik a kol., 2006). Kaushik a kol. (2006); Nihat a Nusret (2013) udávají zastoupení LA 4,2 – 5,65 %, ALA 4,02 – 13,3 %, EPA 2,87 – 3,1 % a DHA 3,1 – 4,53 % z celkového obsahu tuku. Pstruh obecný je intenzivně chován převážně právě v Turecku. Pstruh obecný chovaný v intenzivních chovech obsahuje 3,62 % tuku (Kaya a Erdem, 2009).

Cejn velký je další rybou z čeledi kaprovitých. Tato ryba má v hospodářství význam jako doplňkový, často též „plevelný“ druh. Ovšem ve sportovním rybolovu je jednou z nejvíce lovených ryb. Jeho potravu tvoří z převážné většiny zoobentos a zooplankton (Dubský a kol., 2003). Maso cejna velkého obsahuje velké množství svalových kůstek a je spíše tučnějšího charakteru (Dubský a kol., 2003). Opomene-li množství svalových kůstek, je maso velice kvalitní a chutné, lze jej zařadit mezi středně tučné druhy. Obsah tuku se pohybuje kolem 3,3 – 4 % (Žmijewski a kol., 2006; Ljubojević a kol., 2014b). Tuk cejna velkého obsahuje 53 – 57 % MUFA a 12 – 18 % PUFA (Živković a kol.,

2012). Živković a kol. (2012) dále uvádí obsah 2 – 2,5 % LA a 0,1-0,2 % EPA a minimální, nedetekovatelné množství ALA.

Cejnek malý je rybou z čeledi kaprovití. Tato ryba je velice podobná cejnu velkému a proto jí většina rybářů neodlišuje. Ovšem z hlediska obsahu tuku je to velice zajímavá ryba. Obsah tuku se pohybuje v rozmezí 5 – 7 % (Živković a kol., 2012). Zastoupení LA se je podle studie Živkoviće a kol. (2012) kolem 5 %. Podobně jako u cejna je ALA zastoupena v nepatrném množství a to pod 0,1 %. Obsah EPA je v rozmezí 0,6 – 1,3 a DHA 2,1 – 3 % z celkového obsahu tuku (Živković a kol., 2012).

Karas stříbřitý v dnešní době vytlačuje původního karasa obecného. Jeho maso je velice podobné masu kapra obecného a cejna velkého. Tuto rybu lze podle Živkoviće a kol. (2012) zařadit mezi rybí méně tučné s obsahem tuku v rozpětí 3 – 4 % z celkové hmotnosti těla. Podle zmiňovaného autora obsahuje tuk karasa obecného 46 – 56 % MUFA a 13 – 23 % PUFA, z nichž 5 – 10 % tvoří LA a 0,3 % EPA (Živković a kol., 2012).

Ostroretka stěhovavá patří mezi významné obyvatele našich řek. Její potravní spektrum je v našich řekách nezastupitelné, protože zhodnocuje produkci rozsivek, sinic a dalších různých řas (Hanel a Lusk, 2005). Toto potravní spektrum se významně podílí na obsahu tuku a kompozici mastných kyselin. O této rybě bohužel neexistují relevantní informace stran nutričního složení. I to je důvodem zařazení do seznamu druhů v této diplomové práci.

Lipán podhorní je velice ceněn sportovními rybáři. Vyskytuje se v řekách, ovšem pro potřeby umělého odchovu se někdy pro odchov do stádia jednoletých ryb (roček) používají vhodné rybníky. Lipan je typický bentofág a hlavní složkou potravy jsou larvy jepic, chrostíků, pakomáru atd. (Hanel a Lusk, 2005). Obsah tuku u lipana podhorního se pohybuje v rozmezí 2 – 3 % (Renaville a kol., 2013), lze ho tedy zařadit do kategorie ryb málo tučných. Vzhledem k téměř výlučně konzumované přirozené potravě je obsah LA 2 %, ALA 2 %, EPA 3,3 % a DHA až 20 % z celkového obsahu tuku (Gladyshev a kol., 2012).

Jelec tloušť je běžným druhem našich řek, v některých úsecích tvoří dominantní obsádky a je velice oblíbený u sportovních rybářů. Vzhledem k tomu, že jeho potrava má opravdu širokou základnu, je jeho maso méně kvalitní (Dubský a kol., 2003). Jelec tloušť má nižší obsah tuku na úrovni 3,5 %, zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin je 32,92 % SFA, 32,21 % MUFA a 34,81 % PUFA (Donmez, 2009). Stejný autor dále udává zastoupení LA 6 %, ALA 3,69 %, EPA 6,08 % a zastoupení DHA kolem 2,5 % z celkového obsahu tuku.

Síh peled' se díky malé konkurenci přisazuje jako doplňková ryba do kaprových rybníků (Hanel a Lusk, 2005). Tento síh vyniká chutným a ceněným masem, ovšem v dnešní době jsou tyto ryby terčem rybožravých predátorů a stavy výrazně poklesly, proto jsou činěny pokusy s chovem v intenzivních podmínkách (recirkulační systémy). Síh peled' má, díky svému typu potravy, pro lidskou konzumaci „zajímavý“ obsah tuku i jeho kompozici. Obsah tuku se pohybuje v rozmezí 4 – 8 % (Ju a kol., 1997; Serrini a kol., 1996). Zastoupení skupin a jednotlivých mastných kyselin se pohybuje u SFA kolem 28 %, MUFA 30 %, PUFA 41 % a HUFA 28 %; z čehož LA tvoří 3,3 %, ALA 4 %, EPA 12 a DHA 3 % (Serrini a kol., 1996).

2.7.3 Ryby chované intenzivním způsobem

Intenzivní chov v České republice zatím nejvíce reprezentují pstruh duhový a siven americký. Ovšem lze sem zařadit i ryby, které se v tomto systému začínají České republice chovat, jako je tlamoun nilský (tilapie) či keříčkovec červenolemý. V neposlední řadě do této skupiny patří i sumec velký popsáný výše.

Pstruh duhový je v České republice hospodářsky a sportovně nejvýznamnějším druhem lososovitých ryb (Kouřil a kol., 2008). Má kvalitní, chutné maso narůžovělé barvy (barva masa v intenzivních chovech je silně ovlivněna podávaným krmivem) (Dubský a kol., 2003). Pstruh duhový chovaný v intenzivních chovech je závislý výhradně na předkládaném krmivu. Nutriční složení a kompozice jednotlivých složek je významně ovlivněna krmnou směsí, která je rybám podávána. Zelenka a kol. (2003) uvádí celkový obsah tuku v rozmezí 3,6 až 3,9 % z celkové hmotnosti ryby. Nihat a Nusret (2013) udávají obsah tuku ještě o něco vyšší, tedy 4,3 %. Naproti tomu Popel-

ka a kol. (2014) se s 2,8 % tuku dostává mimo rozsah uvedený v předchozí studii. Pstruh duhový, jak již bylo zmíněno, kvalitně přijímá podávané krmivo. Díky tomu lze zvýšit i množství tuku. Köse a Yildiz (2013); Schreckenbach a kol. (2001) zjistili při předkládání kvalitních krmných dávek obsah tuku až nad 11 %.

Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin je dle různých autorů (Hixson a kol. 2014; Zelenka kol. 2003) 26 – 30 % SFA, 31 - 33 % MUFA a 41 – 54 % PUFA. Naproti tomu Hossain (2011) uvádí obsah PUFA pouze 28 %. Obsah jednotlivých mastných kyselin dle Hossaina (2011); Popelky a kol. (2014) a Zelenky a kol. (2003) se pohybuje u LA v rozmezí 22 – 24 %, u ALA 0,9 – 3 %, EPA 2,1 – 9,5 % a DHA 5 – 13 % z celkového obsahu tuku. Velké rozdíly v zastoupení jednotlivých mastných kyselin jsou způsobeny právě složením krmné dávky.

Siven americký je dalším zástupcem lososovitých ryb vyskytujících se ve volných vodách a na jídelníčku konzumentů v České republice. Sivena lze chovat v intenzivních chovech podobně jako pstruha duhového, výjimečný je tím, že dobře snáší nižší hodnoty pH. Díky kvalitnímu podávanému krmivu může siven dosahovat až 9 – 11 % obsahu tuku (Sahin a kol., 2011; Krejsa, 2013). Kompozice mastných kyselin je silně ovlivněna podávanou krmnou dávkou. Murray a kol. (2014); Pettersson a kol. (2009) udávají zastoupení SFA 16 – 25 %, MUFA 50 – 60 %, PUFA 25 – 29 % a u jednotlivých mastných kyselin je uváděn obsah LA 23 %, ALA 7,4 %, EPA 8 a DHA 8 %. Naproti tomu Pettersson a kol. (2009) udávají obsah SFA 27 %, pouze 11 % MUFA a shodné zastoupení PUFA (56 %). Kompozice jednotlivých mastných kyselin uváděná Petterssonem a kol. (2009) je výrazně nižší např. u LA 0,9 %, ALA 0,4 %, EPA 2,2 a DHA 10,9 % z celkového obsahu tuku. U sivena lze dobře manipulovat se složením krmiva, přesněji lze částečně nahradit rybí olej olejem řepkovým (Krejsa, 2013).

Tlamoun nilský, známější spíše jako tilapie nilská, je kvalitní ryba vhodná pro intenzivní výkrm (Hanel a Lusk., 2005). Pro českého konzumenta je tato ryba poměrně neznámá, ale ve světě je hojně konzumovanou rybou (Öhrvik, a kol., 2012). Tlamoun nilský se vyznačuje kvalitním a velice chutným bílým masem (Dubský a kol., 2003) a lze jej zařadit mezi méně tučné ryby. Obsah tuku se pohybuje v rozmezí 1 až 2,5 % (Cladis a kol., 2014; Garduno-lugo a kol., 2008). Chauke a kol. (2008) uvádí obsah LA 13,9 %, ALA 5,5 %, EPA 2,17 % a DHA 6,16 % z celkového obsahu tuku.

Keříčkovec červenolemý je rybou hojně chovanou v intenzivních chovech akvakultury. Vyznačuje se nízkými nároky na prostor a kyslík, ovšem musí být chován na oteplené vodě. Vzhledem k intenzivnímu způsobu výkrmu je veškerá přirozená potrava a nahrazena krmivem (Dubský a kol., 2003). Tento aspekt jednoznačně ovlivňuje nutriční složení, především pak obsah tuku a jeho kompozici. Obsah tuku se pohybuje v rozpětí 3-5 % z celkové váhy těla (Rosa a kol., 2007; Hoffman a Prinsloo, 1995; Özogul a kol., 2006). Rosa a kol. (2007) uvádí rozdíl v kompozici mastných kyselin mezi rybami z intenzivního a extenzivního chovu. V intenzivních chovech jsou hodnoty LA 10 – 12 %, ALA 5,5 – 6,5 %, EPA 2 % a DHA 3 – 5 % (Chauke a kol., 2008; Rosa a kol., 2007). Naproti tomu v extenzivních chovech lze očekávat hodnoty LA 13,43 %, ALA 4,12 %, EPA 1,69 % a DHA 2,11 % (Rosa a kol., 2007).

2.7.4 Mořské a diadromní ryby

Tyto ryby sice nejsou produkované v České republice, ovšem na českém jídelníčku hrají velkou roli. Mezi nejvýznamnější mořské ryby lze zařadit makrelu obecnou a mezi diadromní lososa obecného.

Makrela obecná patří mezi celosvětově nejvíce lovené druhy ryb, její produkce přesáhla 900 tis. tun v roce 2010 (FAO, 2015). V této diplomové práci je brána jako jeden z u nás nejkonzumovanějších zástupců mořských druhů. Makrela spadá do kategorie tučných ryb. Obsah tuku makrely ulovené v Anglii je nejnižší v květnu po tření a naopak nejvyššího obsahu dosahuje hlavně v období od října do prosince. Hovoříme o rozmezí 6 až 23% obsahu tuku v průběhu celého roku (Hemre a kol., 2003). Özogul a kol. (2006) zjistili u makrely obecné nebyvale nízký obsah tuku, a to 1,1 %. Podle Sampels a kol. (2014) se za optimální hodnoty považují množství okolo 10%. Steffens (1997) nebo Bae a kol. (2011) uvádí následující rozpětí v kompozici mastných kyselin: LA 1 – 1,5 %, ALA 0,2 – 1,3 %, EPA 7 % a DHA 10 – 22 %.

Losos obecný je rybou chovanou mimo území České republiky v klecových systémech příbřežních států. Vzhledem k jeho rostoucí oblíbenosti byl zařazen do tohoto přehledu. Losos obecný je rybou s největší produkcí v evropské akvakultuře (Sampels a kol., 2014). Patří mezi tučné druhy ryby, obsah tuku se pohybuje nejčastěji v rozmezí 7 –

17 % (Cladis a kol., 2014; Henriques a kol., 2014; Nefedova a kol., 2014). Zastoupení jednotlivých mastných kyselin dle Bella a kol. (2004) a Nefedové kol. (2014) je u LA je 2 – 3 %, u ALA 0,8-2 %, u ARA kolem 1 %, u EPA 5 – 10 % a největší rozpětí má obsah DHA. Nefedova kol., (2014) udává 25,1 %, naproti tomu Bell a kol. (2004) pouze 8,1 %. Největší vliv na tuto kompozici má složení krmné směsi a velikost (stáří) konzumovaných ryb.

3 Materiál a metodika

Praktická část diplomové práce je zaměřena na exaktní zjištění obsahu tuku ve sva-
lovině hospodářsky nejvýznamnějších a jiných, z hlediska konzumace potenciálně zají-
mavých druhů sladkovodních ryb. Dále byl vyextrahovaný tuk analyzován na kompozi-
ci mastných kyselin, což je z hlediska lidské konzumace patrně nejzajímavější faktor
týkající se rybího masa. Byly kalkulovány pomocné údaje, jako aterogenní a trombo-
genní index, byla také stanovena sušina. Z údajů získaných v této diplomové práci spo-
lečně s dostupnými literárními zdroji byly následně stanoveny nebo kvalifikovaně od-
hadnuty nejvýznamnější nutriční charakteristiky (výše zmíněný soubor „Big seven“) z-
koumaných druhů. To vše u ekonomicky nejzajímavějších ryb, které jsou produková-
ny, sportovně loveny a konzumovány v České republice.

Aby byly analyzované druhy mezi sebou porovnatelné, byly rozděleny do čtyř zá-
kladních skupin, jak bylo popsáno v přehledové části práce (kapitoly 2.6.1. – 2.6.4):

- 1) Ryby z polointenzivních chovů – polointenzivní chovy se vyznačují nejčastěji
rybnickým chovem, ve kterém je mimo produkci rybníka zařazeno příkrmování,
nejčastěji obilnými směsmi. Seznam druhů zařazených do této kategorie viz ta-
bulka č. 5.
- 2) Ryby z extenzivních chovů – tento způsob chovu je založen pouze na přirozené
potravě. Do této skupiny jsou zařazeny i ryby, které byly sportovně odloveny.
Seznam druhů zařazených do této kategorie viz tabulka č. 6.
- 3) Ryby z intenzivních chovů – ryby z intenzivních chovů jsou odchováány pouze
na podávaném krmivu bez přirozené potravy v zhuštěnějších obsádkách. Seznam
druhů zařazených do této kategorie viz tabulka č. 7.
- 4) Mořské a diadromní druhy – mezi mořské ryby je pro potřeby studie zařazena
makrela obecná. Diadromní ryby jsou skupinou ryb, která střídá během života
sladkou a slanou vodou, zástupcem je zde losos obecný. Seznam druhů zařaze-
ných do této kategorie viz tabulka č. 8.

3.1 Popis vzorkování

Odběr vzorků byl prováděn dle dostupnosti v lokalitách České republiky. Ryby byly
získány z akvakultury nebo odloveny sportovními rybáři ve vodách ČRS (seznam
a popis vzorků v tabulce č. 5, 6 a 7. Po vylovení byly ryby usmrceny úderem do temene

hlavy a přetnutím krevního oběhu. U všech ryb byla zjišťována hmotnost na bateriových vahách Kern. Pro převoz byl vždy využit termobox se šupinkovým ledem z důvodu zachování čerstvosti vzorku až do zpracování. Po převozu do laboratoře FROV byly ryby filetovány. Pro potřeby této studie byl jako vzorek použit vždy celý levý filet s kůží, šupiny byly odstraněny, viz obrázek č. 4 (vlevo). Filet byl následně zhomogenizován (rozmixován) pomocí stolního kutru. Takto připravený vzorek byl vložen do předem označených PVC sáčků viz obrázek č. 4 (vpravo). Sáčky se vzorky ryb byly zamrazeny a uskladněny v hlubokomrazícím boxu při teplotě - 80 °C, aby nedošlo k oxidaci tuků.



Obrázek č. 4: Vzorek filety pstruha duhového použitý pro potřeby studie (vlevo). Označený PVC sáček připravený k hlubokému zamrazení (vpravo). (Foto autor)

Tabulka č. 5: Seznam a popis jednotlivých ryb použitých pro tuto práci chovaných v akvakulturních podmínkách České republiky, především v polointenzivním hospodaření.

Druh	Počet (n)	Ø hmotnost (g)	Původ	Pozn.
Okoun říční	10	150	Rybník s příkrmováním	
Sumec velký	12	4000	Rybník s příkrmováním	Chlumec nad Cidlinou
Kapr obecný	12	2500	Rybník s příkrmováním	Blatná
Štika obecná	4	1000	Rybník s příkrmováním	
Lín obecný	4	680	Rybník s příkrmováním	Třeboň
Amur bílý	8	2400	Rybník s příkrmováním	Třeboň
Tolstolobik bílý	8	1600	Rybník s příkrmováním	Třeboň
Candát obecný	6	1500	Rybník s příkrmováním	Písek

Tabulka č. 6: Seznam a popis jednotlivých sportovně lovených a extenzivně chovaných ryb použitých pro tuto práci.

Druh	Počet (n)	Ø hmotnost (g)	Původ	Pozn.
Pstruh duhový	5	300	Extenzivní tok	Řeka Loučná
Lín obecný	5	210	Extenzivní rybník	
Cejn velký	10	520	Extenzivní tok	Řeka Labe, Orlice
Karas stříbřitý	4	250	Extenzivní rybník	
Cejnek malý	4	280	Extenzivní tok	Řeka Orlice
Ostroretka stěhovavá	4	430	Extenzivní tok	Řeka Orlice
Pstruh obecný	4	460	Extenzivní tok	Řeka Loučná
Síh peleď	6	100	Extenzivní rybník	Kaplice
Kapr obecný	6	2500	Extenzivní rybník	Blatná
Jelec tloušť	5	50	Extenzivní tok	FROV
Lipan podhorní	8	100	Extenzivní tok	FROV

Tabulka č. 7: Seznam a popis jednotlivých intenzivně chovaných ryb použitých pro tuto práci.

Druh	Počet (n)	Ø hmotnost (g)	Původ	Pozn.
Keříčkovec červenolemý	3	2000	Intenzivní chov	FROV
Pstruh duhový	4	500	Intenzivní chov	
Sumec velký	11	2700	Intenzivní chov	Praha
Tlamoun nilský	3	500	Intenzivní chov	Biofloc systém*
Siven americký	6	300	Intenzivní chov	Klatovy
Síh peleď	6	100	Intenzivní chov	FROV

*Biofloc systém: druh akvakulturního systému ve kterém je pomocí heterotrofních bakterií využíváno nespotřebované krmivo a odpadní látky vzniklé metabolismem ryb.

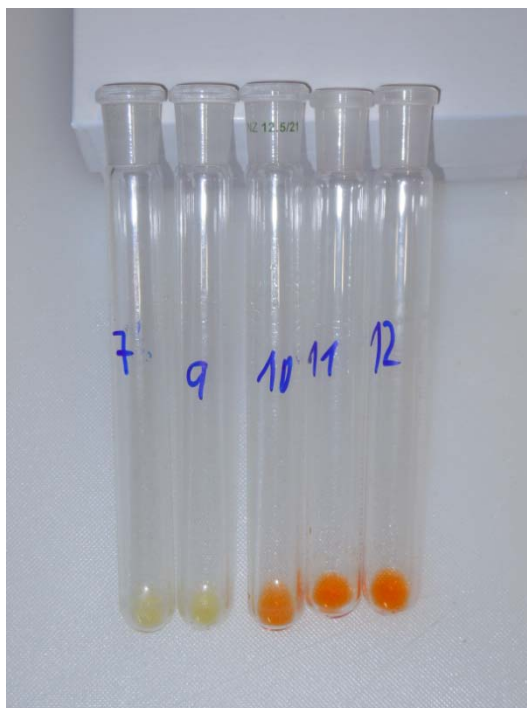
Tabulka č. 8: Seznam a popis jednotlivých mořských a diadromních ryb použitých pro tuto práci.

Druh	Počet (n)	Ø hmotnost (g)	Původ	Pozn.
Losos atlanský	3	4000	Norsko	Makro
Makrela obecná	3	200	Atlantský oceán	Makro

3.2 Chemické analýzy vzorků

3.2.1 Extrakce lipidů

Extrakce lipidů byla provedena dle metodiky Hary a Radina (1978) s drobnými úpravami popsány v práci Zajíce a kol. (2013). Pro potřeby extrakce byl navážen 1 g vzorku, který byl homogenizován pomocí Ultra-turrax (Janke and Kunkel, IKA Werke, Německo) 3 x 30 vteřin v HIP (hexan-isopropanol 3:2). Homogenát byl následně smíchán s 6,5 ml 6,67 % Na_2SO_4 pro oddělení lipidové fáze od vodní (polární a nepolární části). Takto připravený vzorek je umístěn do centrifugační tuby a následně centrifugován při 4000 rpm a 18°C po dobu 5 minut. Tento proces napomůže oddělení jednotlivých součástí. Vrchní, lipidová, vrstva byla převedena pomocí 1 ml Pasteurových pipet do předvážených zkumavek. Po převedení lipidové fáze byl ke vzorku přidán 1 ml hexanu a celý proces (od centrifugace) byl zopakován. Důvodem je efektivnější vyextrahování lipidů ze vzorku. Po převedení zbylých lipidů byly zkumavky s extraktem umístěny pod dusíkovou atmosféru (cca 1 hodinu), čímž došlo k odstranění směsi rozpouštědel ze vzorku viz obrázek č. 5. Získané lipidy byly stanoveny gravimetricky. Lipidy byly Pasteur pipetou převedeny do připravených 3 ml vialek (důkladně vypláchnuty 2 x 500 ml hexanu). Ty byly skladovány v -20°C až do dalších analýz.



Obrázek č. 5: Označené zkumavky s vyextrahovaným tukem (Foto autor)

3.2.2 Příprava metylesterů mastných kyselin (FAME)

Příprava FAME byla provedena metodou dle Appelqvista (1968). Byly použity 2 mg lipidů rozpuštěných v hexanu. Ke každému vzorku byl přidán hydroxid sodný (NaOH) v bezvodém methanolu (0,01 M, 2 ml). Všechny vzorky byly intenzivně protřepány, zajištěny víčkem s pojistkou a umístěny do termobloku při teplotě 60 °C po dobu 10 min. Po uplynutí této doby byly přidány 3 ml esterifikačního činidla (14 % boron-trifluorid-metanol komplex) a proces zahřívání se opakoval. Následně byly vzorky zchlazeny a byly přidány 2 ml NaCl a 2 ml hexanu. Důvodem bylo oddělení esterifikačního činidla od vzniklých FAME, jež byly zároveň rozpuštěny přidaným hexanem. Zkumavky byly intenzivně protřepány a umístěny do chladničky po dobu 20 min, kdy již byla oddělena fáze FAME, která byla Pasteur pipetou převedena do připravené zkumavky. K původnímu vzorku byl přidán 1 ml hexanu, vzorek byl opět důkladně protřepán a po 20 minutách v chladničce byla horní fáze opět převedena do nové zkumavky. Krok byl opakován z důvodu zajištění dostatečné výtěžnosti FAME ze vzorku. Následně byl hexan odpařen pod dusíkovou atmosférou. Po odpaření byly FAME opětovně rozpuštěny ve známém množství hexanu a skladovány v - 20 °C až do analýzy plynovou chromatografií.

3.2.3 Plynová chromatografie

FAME byly analyzovány pomocí plynového chromatografu Trace Ultra (Thermo Scientific, USA) vybaveným ionizačním detektorem plamene (*flame ionisation detector*, FID) a možností fázového vstřikování (PVT) viz obrázek č. 6. Vzorky byly injekčně aplikovány autosamplerem. Plynový chromatograf byl vybaven křemíkovou kapilární kolonou BPX 70 (AGE, Austin, TX, USA) o délce 50 m, průměrem 0,22 mm a tloušťkou filmu 0,25 μm (Fredriksson Eriksson a Pickova, 2007). Teplota kolony byla naprogramována tak, že začátek byl na teplotě 158 °C po dobu 5 minut s následným zvyšováním o 2 °C / min na 220 °C. Při této teplotě zůstala kolona 8 min. Jako nosný plyn bylo použito helium o průtoku 1,2 ml / min. Jako ochranný plyn byl použit dusík. Mastné kyseliny byly identifikovány srovnáním se standardní směsí GLC-68D (Nu-Check Prep, Elysian, MO, USA), případně s dalšími jednotlivými standardy. Pro kalkulaci absolutního zastoupení jednotlivých mastných kyselin byl použit interní standard 21:0 (Nu-check Prep, Elysian, MO, USA).



Obrázek č. 6: Plynový chromatograf *Trace Ultra*. (Foto autor)

3.2.4 Stanovení sušiny

Postup stanovení sušiny probíhal podle přesně stanovených standardních postupů. Do porcelánové misky bylo naváženo 15 – 20 gramů mořského písku, který byl předsušen při teplotě 105 °C do dosažení konstantní hmotnosti (která byla uvedena do protokolu). Následně bylo přidáno 5 gramů homogenizovaného vzorku rybího masa, který se rovnoměrně rozmíchal ve vysušeném písku. Takto připravená směs masa a písku byla sušena 4 hodiny opět při teplotě 105 °C. Po uplynutí této doby byl vzorek umístěn do exsikátoru na 10 minut. Zde byl vzorek schlazen bez rizika zvýšení vlhkosti. Vzorek byl zvážen a následně se opakoval proces sušení (pouze 30 minut) a chlazení. Pokud došlo ke shodné hmotnosti, bylo dosaženo úplného vysušení. Hmotnost sušiny byla vypočtena dle vzorce uvedeného v obrázku č. 7.

$$((\text{vysušený písek} + \text{vzorek}) - (\text{vysušený písek} + \text{vysušený vzorek})) = \text{výsledná sušina}$$

Obrázek č. 7: Rovnice pro výpočet sušiny.



Obrázek č. 8: Rovnoměrně rozmíchaný vzorek ve vysušeném písku (vlevo). Sušící trouba se vzorky (vpravo). (Foto autor).

3.2.5 Aterogenní a trombogenní index

Množství jednotlivých mastných kyselin bylo použito pro výpočet aterogenního (AI) a trombogenního (TI) indexu podle Ulbrichta a Southgatea (1991).

$$AI = (12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / [\Sigma MUFA + \Sigma PUFA]$$

$$TI = [C14:0 + C16:0 + C18:0] / [(0.5 \times MUFA) + (0.5 \times n-6) + (3 \times n-3) + (n-3/n-6)]$$

3.2.6 Postup při stanovování výživových údajů „Big seven“ uvedené v nařízení evropského parlamentu a rady EU č. 1169/2011, o poskytování informací o potravinách spotřebitelům

- obsah tuku $\text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$ – viz kapitola 3.2.
- obsah nasycených mastných kyselin (SFA) $\text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$ – viz kapitola 3.2.

- **obsah sacharidů $\text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$** – obsah sacharidů v rybím masu je nepatrný a pro potřeby výpočtu energetické hodnoty bude počítáno s hodnotou $1 \text{ g} / 100 \text{ g}$.
- **obsah cukrů $\text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$** – tato hodnota je podhodnotou sacharidů a proto je obsah cukrů menší než $1 \text{ g} \times 100 \text{ g}^{-1}$.
- **obsah bílkovin $\text{g} \times 100 \text{ g}^{-1}$** – pro potřeby diplomové práce byly ryby rozděleny dle obsahu bílkovin na dravé s $20 \text{ g} \times 100 \text{ g}^{-1}$ (např. štika obecná, sumec velký, okoun říční) býložravé s $15 \text{ g} \times 100 \text{ g}^{-1}$ (např. tolstolobik bílý, amur bílý) a všežravé se $17 \text{ g} \times 100 \text{ g}^{-1}$ (např. lín obecný, kapr obecný, cejnek malý, jelec tloušť).
- **obsah soli (v klasické svalovině pouze přirozený podíl sodíku)** – pro potřeby výpočtu energetické hodnoty není obsah soli potřeba (nejedná se o energetickou složku potravin). Rybí maso obsahuje pouze přirozeně se vyskytující soli a jejich obsah rozhodně nepřesahuje 1 % (spíše lze očekávat).
- **energetická hodnota $\text{kJ} \times 100 \text{ g}^{-1}$** je vypočítána pomocí přepočtu dle NRC, 1993 uvedeného v obrázku č. 9.

$$\text{Bílkoviny (g)} \times 23,6 \text{ kJ} + \text{Tuky (g)} \times 39,5 \text{ kJ} + \text{Sacharidy (g)} \times 17,2 \text{ kJ} \\ = \text{kJ} \times 100 \text{ g}^{-1}$$

Obrázek č. 9: Vzorec pro výpočet energetické hodnoty

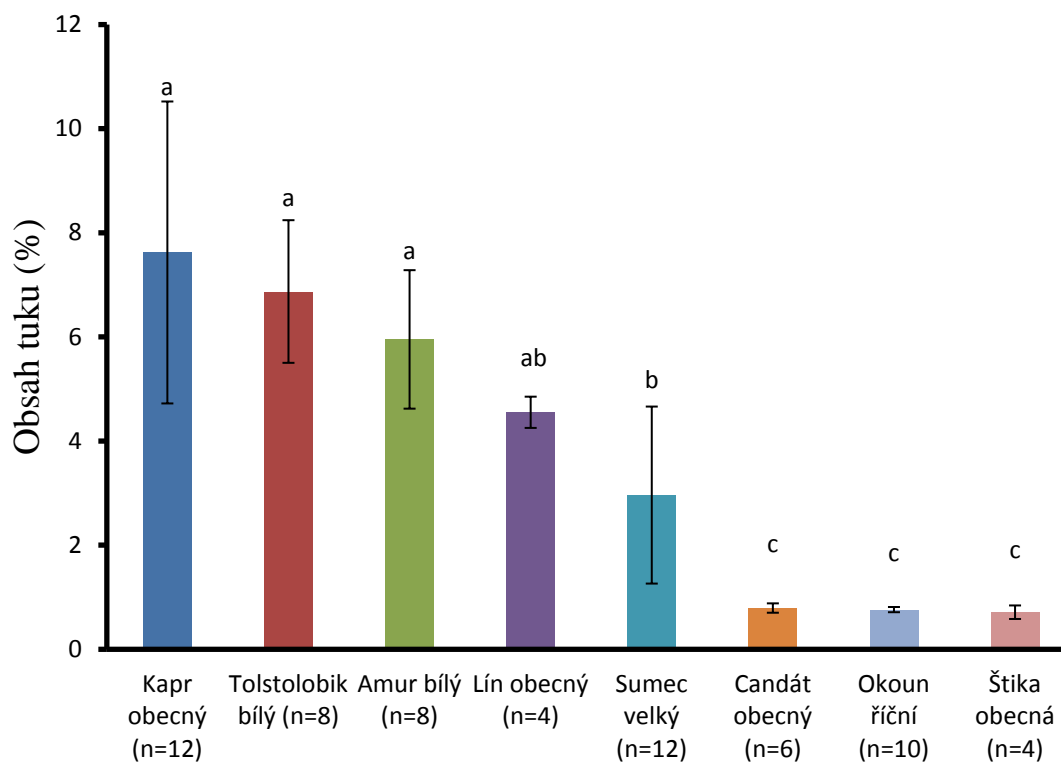
3.2.7 Statistické vyhodnocení

Všechny statistické analýzy byly prováděny s využitím programu Statistica 12.0 CZ. Prezentovaná data jsou průměr \pm směrodatná odchylka. Pro determinaci rozdílů mezi skupinami byla použita jednocestná analýza variance (ANOVA) a následně Kruskal-Wallisův (při nestejném n), popř. Tukeyův HSD test (při shodném n). Pro porovnání dvou skupin byl použit Mann-Whitneyův U test (při nestejném n) nebo Studentův t -test (při shodném n). Vyznačené rozdíly jsou považovány za signifikantní při $p < 0,05$.

4 Výsledky

4.1 Obsah tuku

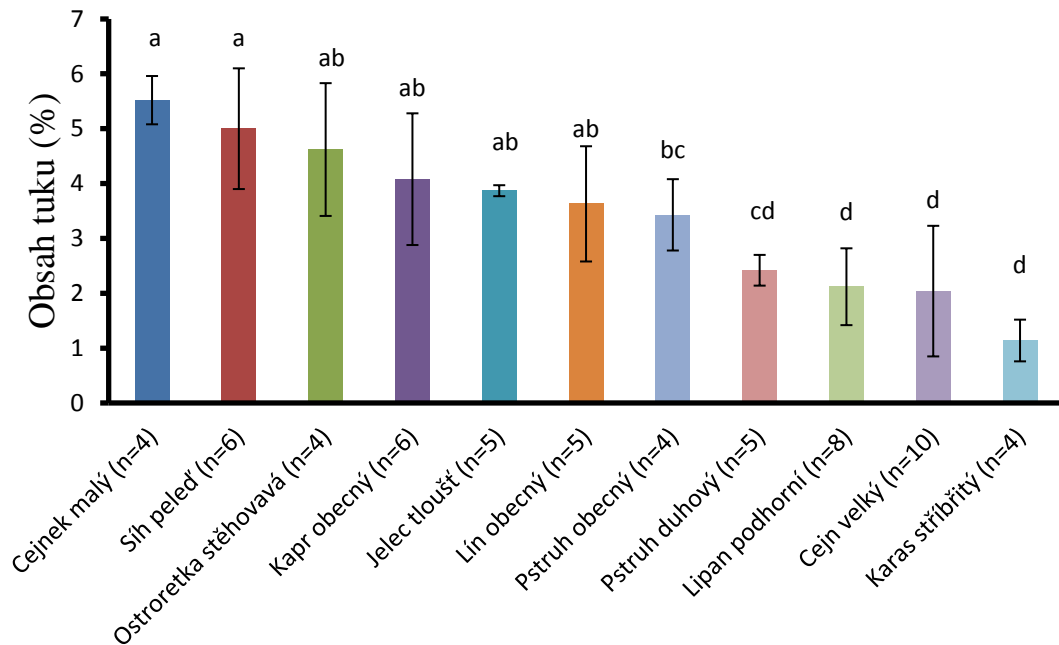
Obsah tuku byl analyzován u každého odebraného vzorku a jeho průměr a variabilita jsou uvedeny v grafech č. 3, 4 a 5. Obsah tuku u ryb chovaných polointenzivním způsobem je uvedený v grafu č. 3. Součástí tohoto grafu jsou i dravé druhy ryb, které jsou chovány prakticky extenzivně, nicméně součástí jejich potravy jsou tzv. plevelné druhy ryb, které jsou často polointenzivním způsobem chovu ovlivněny. Obsah tuku nevykazoval statistické rozdíly mezi tolstolobikem bílým, kaprem obecným a amurem bílým. Lín obecný se statisticky podobal jak třem výše zmíněným, tak i sumci velkému, který se od prvních třech jmenovaných významně odlišuje. Naproti tomu výrazně méně tuku vykazovali dle očekávání candát obecný, okoun říční a štika obecná, kde se jeho obsah pohybuje řádově do 1 %.



Graf č. 3: Obsah tuku v % ve svalovině ryb z polointenzivně obhospodařovaných rybníků. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky významné ($p < 0,05$) rozdíly mezi druhy.

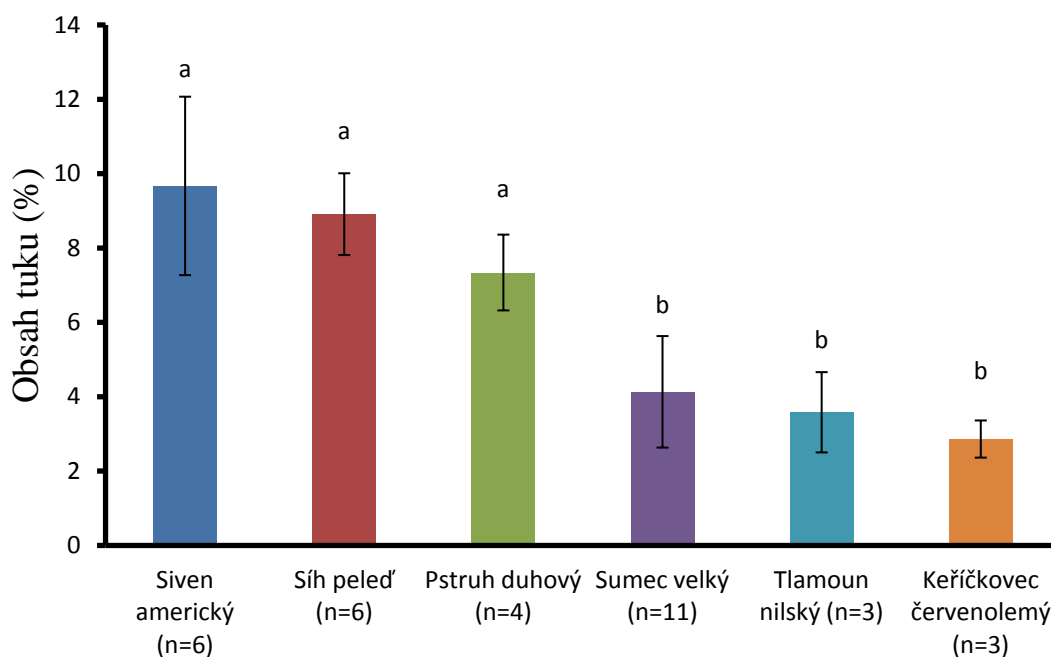
Obsah tuku u ryb odlovených z volných vod a ryb chovaných extenzivně je uveden v grafu č. 4. Cejnek malý a síh peled' jsou z této skupiny významně nejtučnějšími

druhy. Naproti tomu statisticky nejnižší hodnoty byly zaznamenány u pstruha duhového, lipana podhorního, cejna velkého a karase stříbřitého. Za zmínku stojí zejména diametrální rozdíl mezi pstruhem duhovým uloveným z volné vody a stejným druhem z intenzivního chovu (viz graf č. 7).



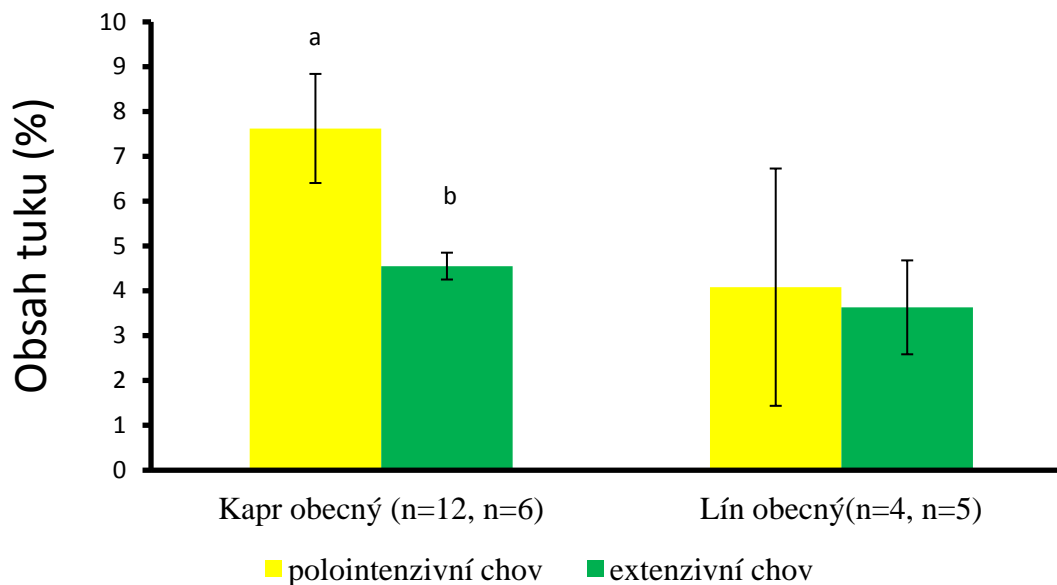
Graf č. 4: Obsah tuku v % ve filetu extenzivně chovaných nebo sportovně odlovených ryb. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl mezi druhy.

Graf č. 5 uvádí obsah tuku u vybraných, intenzivně chovaných druhů ryb. Siven americký, síh peleď a pstruh duhový nevykazovali vzájemné statistické rozdíly v obsahu tuku a jsou tedy nejtučnější ryby z intenzivních chovů v této studii. Naproti tomu sumec velký, tlamoun nilský a keříčkovec červenolemý se statisticky lišili od předchozích ryb v této skupině.



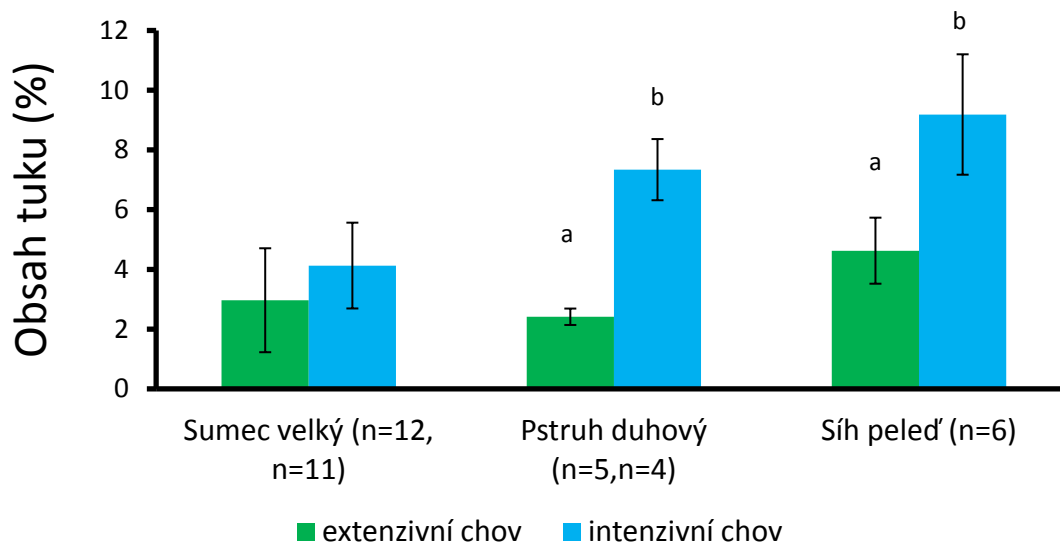
Graf č. 5: Obsah tuku v % ve filetu intenzivně chovaných ryb. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl mezi druhy

Vedle rozdělení studovaných druhů ryb do skupin dle způsobu života (chovu) je nutné zaměřit se na porovnání druhů, které se vyskytují ve více skupinách. V grafu č. 6 je porovnání kapra obecného a lína obecného. V této studii byly k dispozici ryby pocházející z polointenzivních, stejně jako z extenzivních podmínek. Zejména u kapra obecného byl zaznamenán signifikantní rozdíl v obsahu tuku, kdy ryby „klasicky“, tedy polointenzivně chované, dosahují průměrných hodnot obsahu tuku $7,62 \% \pm 2,9$ proti $4,08 \% \pm 1,2$ u ryb držných pouze na přirozené potravě. U lína obecného podobný rozdíl zaznamenán nebyl.



Graf č. 6: Porovnání obsahu tuku v % ve filetu kapra obecného a lína obecného mezi vzorky z polointenzivního a extenzivního chovu. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl mezi druhy

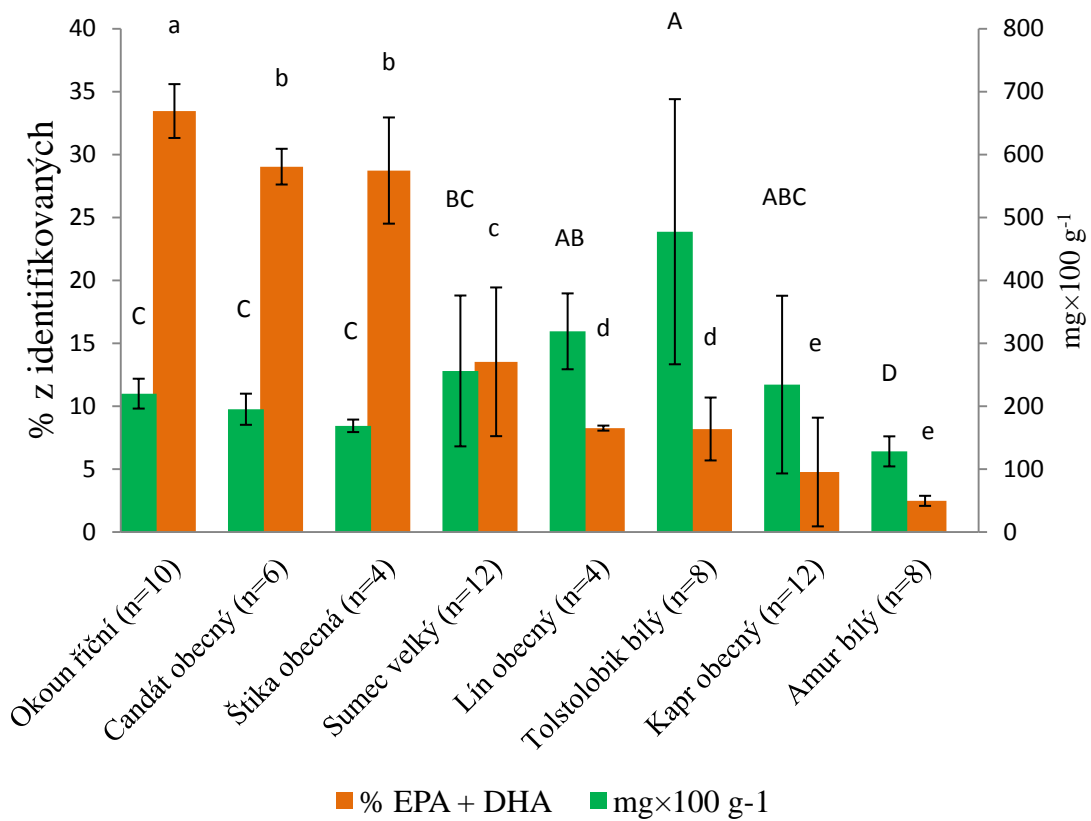
Podobně jako kapra a lína lze porovnat další druhy z této studie. Sumec velký, pstruh duhový a síh peleď jsou ryby chované jak v extenzivních, tak v intenzivních podmínkách s využitím kompletních krmných směsí. Rozdíl v obsahu tuku mezi těmito způsoby u jednotlivých druhů byl ověřen Mann-Whitneyovým U-testem a je uveden v grafu č. 7. Pstruh duhový i síh peleď vykazují signifikantně vyšší obsah tuku v případě intenzivního chovu. U sumce nebyl rozdíl jednoznačně prokázán, obě analyzované skupiny ryb dosahovaly relativně nízkých hodnot ($2,9 \pm 1,7$ v extenzivním, respektive $4,1 \pm 1,4$ v intenzivním chovu).



Graf č. 7: Porovnání obsahu tuku v % ve filetu síha peledě, sumce velkého a pstruha duhového mezi vzorky z intenzivního a extenzivního chovu. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Rozdílná písmena značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl mezi druhy

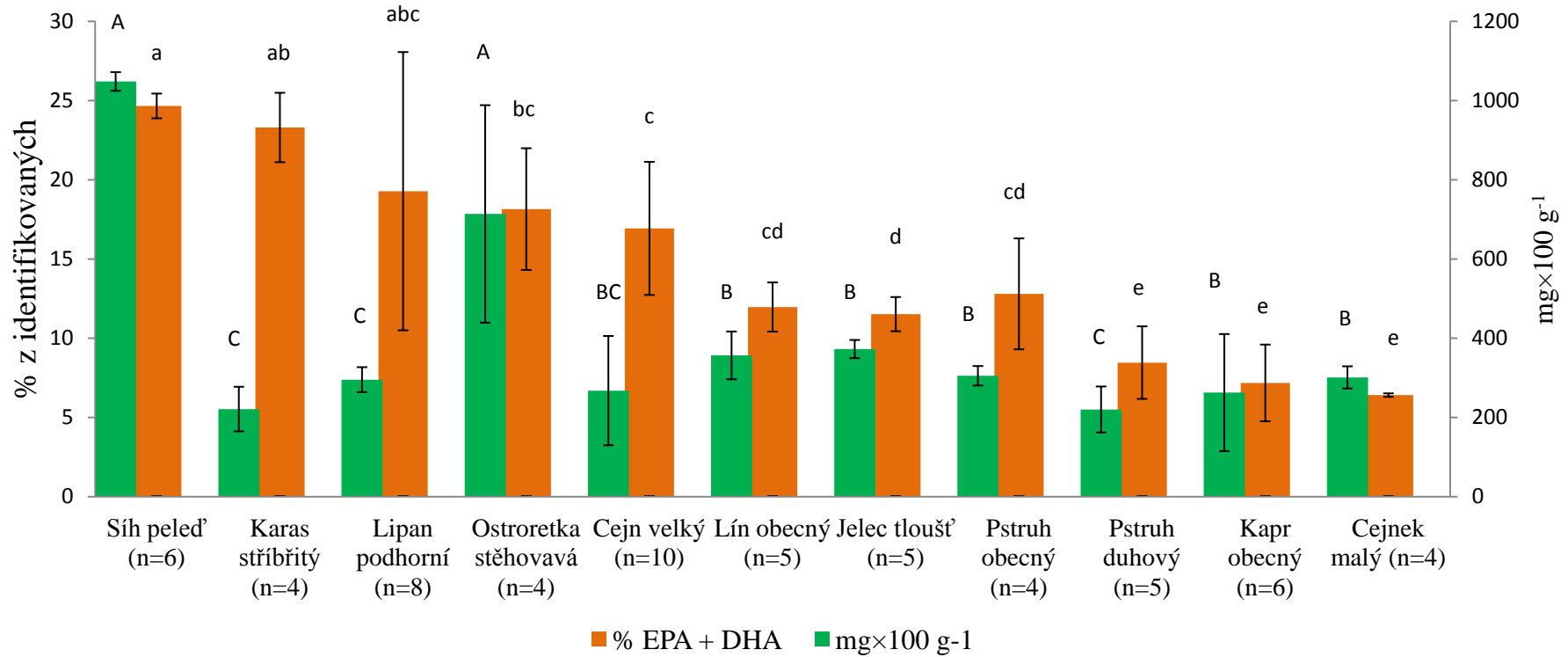
4.2 Kompozice mastných kyselin

Kompozice mastných kyselin byla analyzována u všech odebraných vzorků. Výsledky kompozice jednotlivých druhů jsou rozděleny podle významnosti jednotlivých mastných kyselin nebo jejich skupin. V grafech č. 8-10 je znázorněn obsah EPA a DHA u jednotlivých druhů ryb v % a $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ tedy v reálném obsahu EPA a DHA. Z ryb chovaných polointenzivním způsobem (graf č. 8) vykazoval nejvyšší relativní zastoupení okoun říční $33,46 \% \pm 2,14$. Naproti tomu nejnižší obsah byl statisticky prokázán u amura bílého. Okoun říční sice vykazoval největší procentuální obsah EPA a DHA, ovšem po přepočtu na absolutní množství podle interního standardu byl obsah nejvyšší u tolstolobika bílého, kapra obecného a lína obecného. Okoun říční figuroval z prezentovaných druhů „až“ na čtvrtém místě.



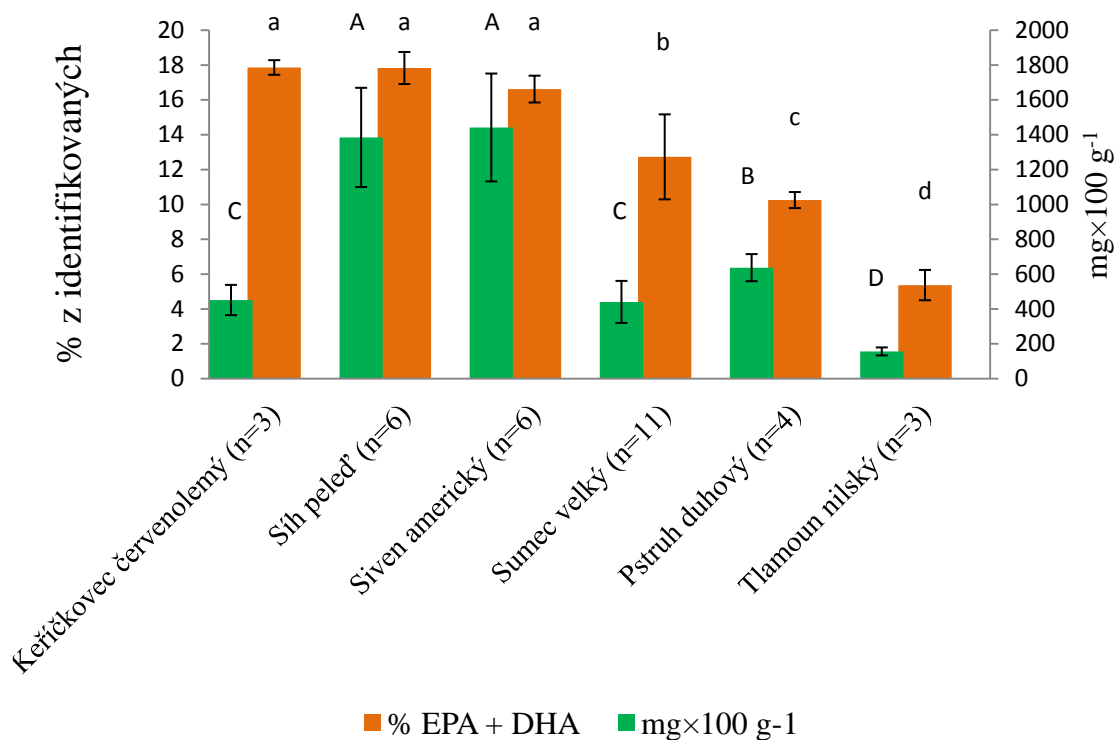
Graf č. 8: Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných polointenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v procentuálním podílu mezi druhy, velká písmena vyjadřují rozdíly v reálném zastoupení EPA a DHA.

Graf č. 9 udává hodnoty procentuálního a hmotnostního obsahu EPA a DHA u ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených. V této skupině vykazoval signifikantně nevyššího zastoupení (procentuálně i hmotnostně) síh peled'. Naproti tomu procentuálně nejnižší obsah vykazoval pstruh duhový, kapř obecný a cejnek malý. Ostroretka stěhovavá se $713 \pm 274 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ vykazovala statistickou podobnost se síhem peledem a, společně jsou to tedy druhy s nejvyšším zastoupením EPA a DHA. Tento výsledek může být poměrně překvapivým zjištěním. Statisticky nejnižší obsah v $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ byl zjištěn u karasa stříbřitého, lípana podhorního a velice překvapivě též u pstruha duhového.



Graf č. 9: Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v procentuálním podílu mezi druhy, velká písmenka vyjadřují rozdíly v reálném zastoupení EPA a DHA.

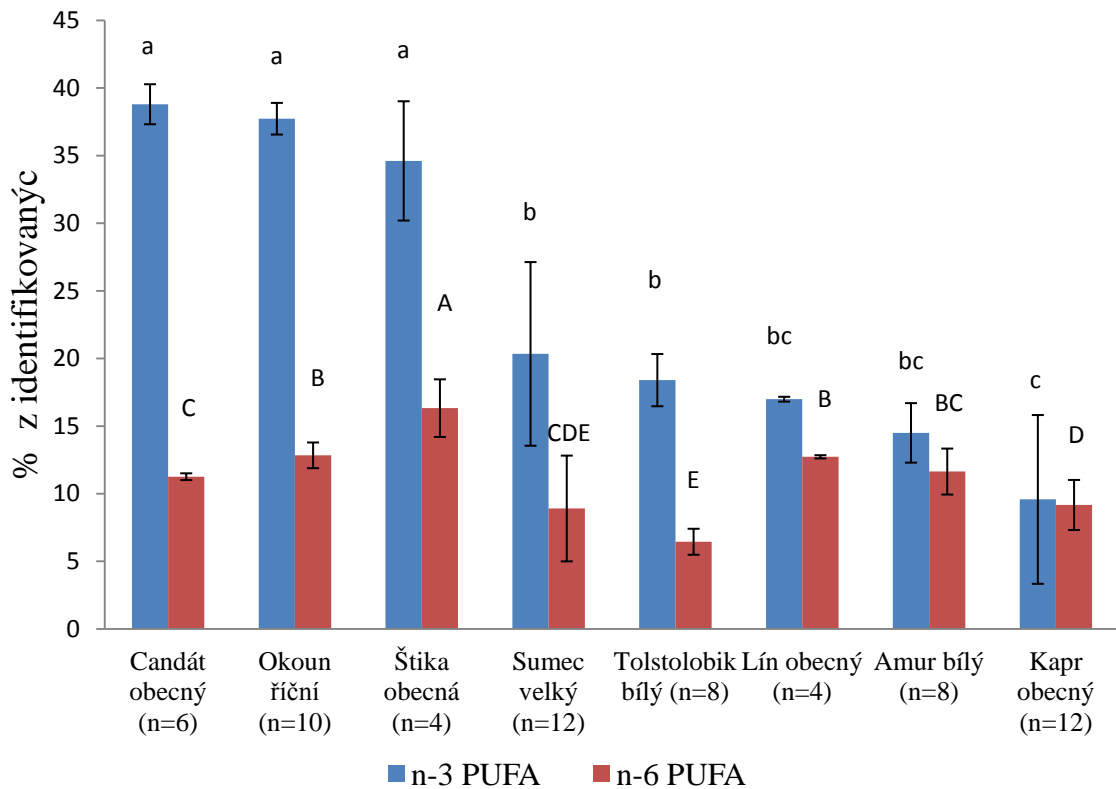
Siven americký a síh peleď ze skupiny ryb chovaných intenzivním způsobem (graf č. 10) jsou z hlediska obsahu EPA a DHA statisticky prakticky totožné druhy, a to jak v procentuálním zastoupení, tak i v reálných hodnotách. Naopak nejnižší obsah vykazoval tlamoun nilský.



Graf č. 10: Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných intenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v procentuálním podílu mezi druhy, velká písmena vyjadřují rozdíly v reálném zastoupení EPA a DHA.

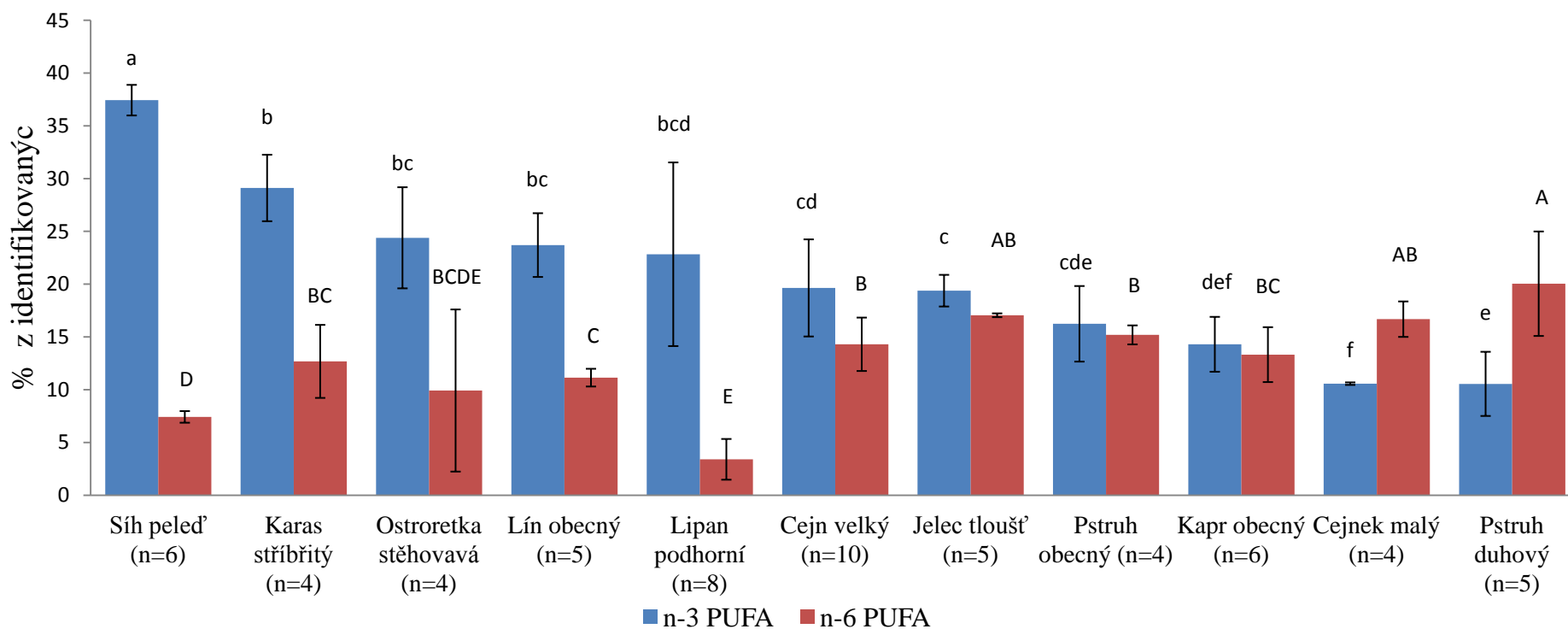
Grafy č. 11, 12 a 13 znázorňují procentuální zastoupení dvou nejvýznamnějších skupin mastných kyselin z řad n-3 PUFA a n-6 PUFA. Graf č. 11 znázorňuje zastoupení n-3 a n-6 PUFA u ryb chovaných polointenzivním způsobem. V tomto grafu je patrné, že statisticky nejvyššího zastoupení hodnot n-3 PUFA vykazují ryby dravé, jako candát obecný $38,8 \pm 1,48$ %, okoun říční $37,73 \pm 1,17$ % a štika obecná $34,61 \pm 4,41$ %. Ze skupiny dravých ryb se jediný sumec velký statisticky lišil v obsahu n-3 PUFA. Ryby všežravé a býložravé měly statisticky nižší obsah n-3 PUFA v porovnání s dravci. Kapr obecný s obsahem $9,58 \pm 6,24$ % byl statisticky prokázán jako druh, který obsahu-

je nejnižší zastoupení n-3 PUFA ze vzorků analyzovaných v této práci. Hodnoty n-6 PUFA vykazovali obdobných hodnot jako n-3 PUFA, nejvyšší obsah opět měly ryby dravé, kromě sumce velkého, ovšem zde už byl patrný rozdíl mezi druhy. Nejvyšší obsah n-6 PUFA vykazovala štika obecná $16,33 \pm 2,13$ %, následovaná okounem říčním $12,84 \pm 0,95$ % a candátem obecným $11,26 \pm 0,25$ %. V této skupině dosáhl nejnižšího zastoupení n-6 PUFA tolstolobik bílý $6,45 \pm 0,96$ %.



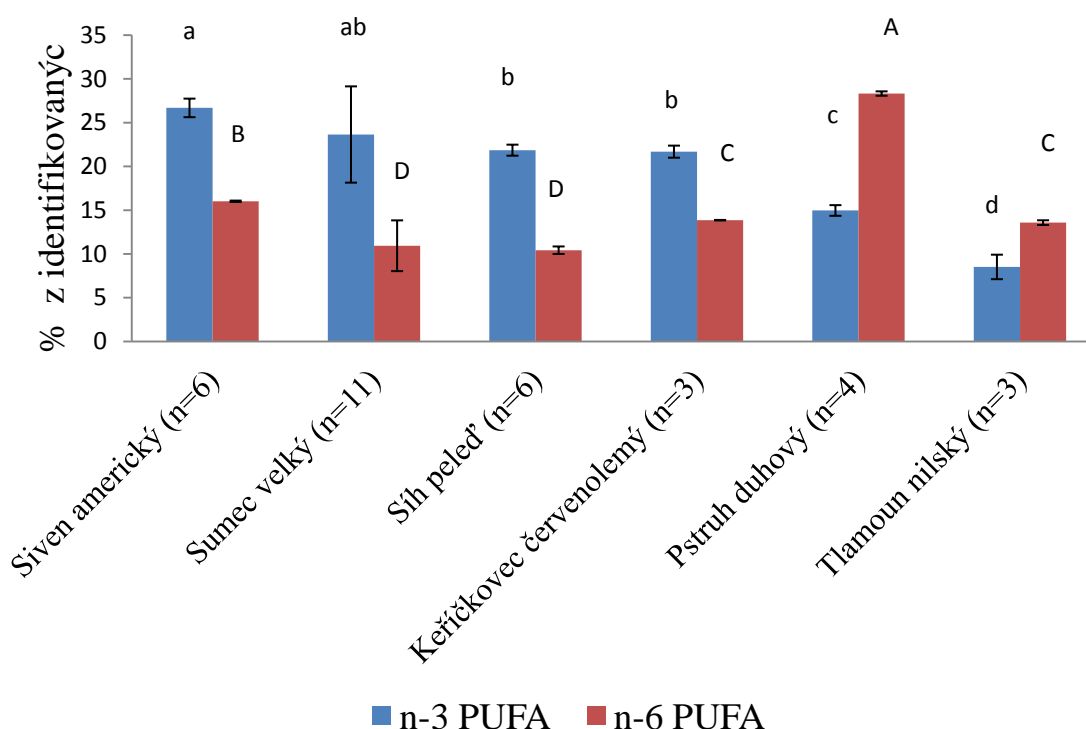
Graf č. 11: Zastoupení n-3 PUFA a n-6 PUFA u jednotlivých druhů ryb chovaných polointenzivní způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v procentuálním podílu mezi n-3 PUFA, velká písmena vyjadřují rozdíly v n-6 PUFA.

Graf č. 12 udává zastoupení n-3 a n-6 PUFA u ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených. Zastoupení těchto dvou skupin mastných kyselin je u této skupiny ryb ovlivněno v podstatě pouze druhem a množstvím přijímané přirozené potravy. Nejvyšších hodnot v zastoupení mastných kyselin z řad n-3 PUFA vykazoval síh peleď $37,43 \pm 1,45$ % a statisticky nejnižší pstruh duhový $10,55 \pm 3,04$ %, ale u tohoto druhu bylo statisticky prokázáno nejvyšší zastoupení skupiny n-6 PUFA $20,04 \pm 4,95$ %. Tato skupina ryb obecně vykazovala poměrně vyrovnané hodnoty u n-6 PUFA ovšem statisticky nejnižších hodnot dosáhl lipan podhorní $3,4 \pm 1,93$ %.



Graf č. 12: Zastoupení n-3 PUFA a n-6 PUFA u jednotlivých druhů ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v procentuálním podílu mezi n-3 PUFA, velká písmena vyjadřují rozdíly v n-6 PUFA.

Zastoupení n-3 a n-6 PUFA u ryb z intenzivních chovů je uvedeno v grafu č. 13. V této skupině vykazovali statisticky nejvyššího zastoupení n-3 PUFA siven americký $26,96 \pm 1,4$ % a sumec velký $23,65 \pm 5,5$ %. Naproti těmto dvěma druhům vykazoval tlamoun nilský s $8,52 \pm 1,4$ % statisticky nejnižšího zastoupení n-3 PUFA. Pstruh duhový chovaný v intenzivních chovech vykazuje zastoupení n-6 PUFA $28,33 \pm 0,25$ % a s touto hodnotou zastupuje signifikantně pomyslné první místo v této skupině. Naopak sumec velký s $10,94 \pm 2,9$ % a síh peleď s $10,43 \pm 0,43$ % jsou s těmito hodnotami statisticky nejslabší druhy ryb z intenzivních chovů.



Graf č. 13: Zastoupení n-3 PUFA a n-6 PUFA u jednotlivých druhů ryb intenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v procentuálním podílu mezi n-3 PUFA, velká písmena vyjadřují rozdíly v n-6 PUFA.

Tabulka č. 9, 10 a 11 obsahuje hodnoty procentického zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3/n-6. V tabulkách jsou patrné rozdíly v rámci druhů u jednotlivých skupin ryb. Tabulky jsou opět rozděleny na ryby chované v polointenzivních, extenzivních a intenzivních chovech. Lze konstatovat že, obsah SFA se, nezávisle na druhu ryby a způsobu života, pohybuje (až na minimum výjimek v rozmezí 22 – 30 % z celkových mastných kyselin. Obsah MUFA je dán způsobem života (chovu) naopak

velmi silně. Se zvyšujícím se příjmem energie úměrně stoupá obsah MUFA v tuku ryb a může nezdávka dosahovat hodnot na úrovni 50 %. PUFA i HUFA jsou zastoupeny v závislosti na množství přirozené potravy (u extenzivně chovaných a lovených druhů) nebo na přísunu krmiva s rybí moučkou a olejem. U prezentovaných výsledků nejsou statisticky hodnoceny rozdíly mezi jednotlivými druhy, je uveden průměr a variabilita.

Tabulka č. 9: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3 / n-6 u jednotlivých druhů ryb chovaných polointenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	SFA (%) ± sd	MUFA (%) ± sd	PUFA (%) ± sd	n-3 HUFA (%) ± sd	n-3/n-6 ± sd
Kapr obecný (n=12)	27,62 ± 1,42	52,71 ± 7,75	18,75 ± 7,63	5,77 ± 5,04	1,00 ± 0,46
Tolstolobik bílý (n=8)	30,55 ± 0,73	44,61 ± 1,74	24,85 ± 2,21	10,06 ± 2,51	2,91 ± 0,49
Amur bílý (n=8)	26,88 ± 5,37	41,90 ± 8,78	31,22 ± 13,6	3,72 ± 0,72	1,27 ± 0,30
Lín obecný (n=4)	27,13 ± 0,25	43,15 ± 0,20	29,72 ± 0,19	9,72 ± 0,27	1,33 ± 0,02
Sumec velký (n=12)	24,30 ± 1,95	41,44 ± 8,18	29,25 ± 10,2	16,04 ± 6,54	2,50 ± 0,72
Candát obecný (n=6)	27,17 ± 1,02	22,77 ± 1,15	50,05 ± 1,71	33,45 ± 1,86	3,45 ± 0,07
Okoun říční (n=10)	31,59 ± 1,07	17,83 ± 1,12	50,57 ± 1,23	36,29 ± 1,98	2,96 ± 0,28
Štika obecná (n=4)	26,71 ± 0,51	22,35 ± 5,98	50,94 ± 5,76	31,72 ± 4,51	2,14 ± 0,29

Tabulka č. 10: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3 / n-6 u jednotlivých druhů ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	SFA (%) ± sd	MUFA (%) ± sd	PUFA (%) ± sd	n-3 HUFA (%) ± sd	n-3/n-6 ± sd
Cejnek malý (n=4)	22,57 ± 0,34	50,19 ± 1,36	27,24 ± 1,69	7,60 ± 0,15	0,64 ± 0,07
Sih peled' (n=6)	28,79 ± 0,76	26,36 ± 1,31	44,85 ± 1,82	27,94 ± 0,92	5,06 ± 0,32
Ostroretka stěhovavá (n=4)	25,85 ± 3,01	39,84 ± 2,00	34,32 ± 3,30	21,15 ± 4,34	4,24 ± 2,64
Kapr obecný (n=6)	24,57 ± 1,19	44,86 ± 3,48	27,61 ± 3,99	8,85 ± 2,94	1,13 ± 0,45
Jelec tloušť' (n=5)	23,91 ± 0,42	38,59 ± 0,96	36,44 ± 1,58	14,02 ± 1,33	1,14 ± 0,08
Lín obecný (n=5)	26,42 ± 1,16	38,74 ± 2,87	34,84 ± 3,69	13,74 ± 1,59	2,12 ± 0,20
Pstruh obecný (n=4)	23,85 ± 7,83	40,21 ± 6,53	26,55 ± 8,78	11,04 ± 4,36	10,4 ± 3,09
Pstruh duhový (n=5)	26,24 ± 5,18	43,17 ± 11,0	30,59 ± 6,13	9,19 ± 2,48	0,54 ± 0,18
Lipan podhorní (n=8)	33,58 ± 6,15	40,19 ± 2,86	26,23 ± 8,77	20,75 ± 9,04	7,79 ± 2,56
Cejn velký (n=10)	24,58 ± 4,72	37,65 ± 9,83	37,76 ± 12,6	21,58 ± 14,5	1,41 ± 4,00
Karas stříbrný (n=4)	28,86 ± 1,57	29,36 ± 4,51	41,79 ± 5,72	26,34 ± 2,52	2,45 ± 0,59

Tabulka č. 11: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3 / n-6 u jednotlivých druhů ryb chovaných intenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	SFA (%) ± sd	MUFA (%) ± sd	PUFA (%) ± sd	n-3 HUFA (%) ± sd	n-3/n-6 ± sd
Siven americký (n=6)	22,90 ± 1,08	33,02 ± 0,73	42,98 ± 1,09	21,96 ± 0,70	1,68 ± 0,06
Síh peled' (n=6)	22,49 ± 0,92	45,22 ± 1,19	32,29 ± 0,58	19,34 ± 0,70	2,10 ± 0,13
Pstruh duhový (n=4)	19,38 ± 1,32	37,31 ± 1,11	43,31 ± 0,66	11,43 ± 0,57	0,53 ± 0,20
Sumec velký (n=11)	22,21 ± 1,57	38,24 ± 5,37	34,59 ± 4,10	21,24 ± 7,00	2,42 ± 1,09
Tlamoun nilský (n=3)	36,76 ± 1,55	41,14 ± 0,35	22,10 ± 1,22	7,09 ± 0,96	0,63 ± 0,11
Keříčkovec červenolemý (n=3)	31,35 ± 0,56	33,1 ± 0,07	35,55 ± 0,63	19,7 ± 0,60	1,57 ± 0,66

4.3 Obsah sušiny

Obsah sušiny u jednotlivých druhů použitých pro tuto studii je uveden v tabulce č. 12, 13 a 14. Z výsledků je dobře rozpoznatelná lineární závislost mezi obsahem sušiny a tuku. Tato závislost je statisticky prokázána mezi druhy s větším obsahem tuku (tolstolobik bílý) a nižším obsahem tuku (okoun říční) viz tabulka č. 12. Ryby dravé mají statisticky velice malý obsah sušiny a tím vyšší podíl vody v těle. Statistické rozdíly byly hodnoceny Kruskal-Wallisovým testem.

Tabulka č. 12: Zastoupení sušiny v mase jednotlivých druhů ryb chovaných polointenzivním způsobem. Hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v obsahu sušiny.

Druh ryby	Sušina (%) \pm sd
Tolstolobik bílý	26,21 \pm 1,2 a
Amur bílý	24,80 \pm 1,6 a
Kapr obecný	23,32 \pm 2,3 a
Lín obecný	22,64 \pm 2,7 a
Štika obecná	21,07 \pm 1,0 a
Sumec velký	20,60 \pm 0,4 b
Okoun říční	18,47 \pm 0,7 c

Tabulka č. 13: Zastoupení sušiny v mase jednotlivých druhů extenzivně chovaných nebo sportovně odlovených ryb. Hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v obsahu sušiny.

Druh ryby	Sušina (%) \pm sd
Pstruh obecný	25,41 \pm 0,6 a
Tloušť obecný	24,92 \pm 0,2 ab
Cejnek malý	24,54 \pm 0,8 ab
Ostroretka stěhovavá	23,66 \pm 0,8 ab
Lín obecný	23,20 \pm 1,3 ab
Pstruh duhový	22,76 \pm 1,7 ab
Cejn velký	21,16 \pm 1,0 ab
Karas stříbřitý	20,56 \pm 0,4 ab
Lipán podhorní	20,20 \pm 1,2 b

Tabulka č. 14: Zastoupení sušiny v mase jednotlivých druhů ryb odlovených z intenzivních chovů. Hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka. Malá písmenka značí statisticky signifikantní ($p < 0,05$) rozdíl v podílu sušiny.

Druh ryby	Sušina (%) ± sd
Pstruh duhový	26,29 ± 0,8 a
Sumec velký	24,11 ± 0,7 ab
Keříčkovec červenolemý	22,36 ± 0,6 bc
Tlamoun nilský	22,10 ± 1,2 c

4.4 Aterogenní a trombogenní index

Hodnoty aterogenních a trombogenních indexů jsou uvedeny v tabulce č. 15, 16 a 17. Hodnoty těchto indexů se celkově pohybovaly pod hranici 0,5 a jedinou výjimkou byl tlamoun nilský, který vykazoval hodnot přesahující tuto hranici ($0,69 \pm 0,09$). Hodnoty AI a TI byly ve všech skupinách i mezi nimi velice vyrovnané.

Tabulka č. 15: Udává hodnoty AI (Aterogenní index) a TI (Trombogenní index) u ryb chovaných polointenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	AI ± sd	TI ± sd
Kapr obecný (n=12)	0,37 ± 0,04	0,48 ± 0,10
Tolstolobik bílý (n=8)	0,49 ± 0,04	0,36 ± 0,03
Amur bílý (n=8)	0,37 ± 0,10	0,35 ± 0,12
Lín obecný (n=4)	0,42 ± 0,01	0,33 ± 0,00
Sumec velký (n=12)	0,34 ± 0,03	0,27 ± 0,04
Candát obecný (n=6)	0,40 ± 0,02	0,20 ± 0,01
Okoun říční (n=10)	0,41 ± 0,02	0,24 ± 0,02
Štika obecná (n=4)	0,33 ± 0,01	0,21 ± 0,02

Tabulka č. 16: Udává hodnoty AI (Aterogenní index) a TI (Trombogenní index) u ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	AI ± sd	TI ± sd
Cejnek malý (n=4)	0,31 ± 0,01	0,33 ± 0,01
Síh peled' (n=6)	0,50 ± 0,02	0,21 ± 0,01
Ostroretka stěhovavá (n=4)	0,45 ± 0,10	0,25 ± 0,02
Kapr obecný (n=6)	0,39 ± 0,03	0,34 ± 0,06
Jelec tloušť (n=5)	0,35 ± 0,02	0,27 ± 0,02
Lín obecný (n=5)	0,42 ± 0,04	0,27 ± 0,04
Pstruh obecný (n=4)	0,34 ± 0,13	0,31 ± 0,09
Pstruh duhový (n=5)	0,37 ± 0,10	0,41 ± 0,10
Lipan podhorní (n=8)	0,20 ± 0,07	0,37 ± 0,13
Cejn velký (n=10)	0,36 ± 0,09	0,29 ± 0,08
Karas stříbřitý (n=4)	0,40 ± 0,03	0,26 ± 0,03

Tabulka č. 17: Udává hodnoty AI (Aterogenní index) a TI (Trombogenní index) u ryb chovaných intenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	AI ± sd	TI ± sd
Siven americký (n=6)	0,46 ± 0,03	0,21 ± 0,02
Síh peled' (n=6)	0,44 ± 0,03	0,23 ± 0,01
Pstruh duhový (n=4)	0,27 ± 0,06	0,24 ± 0,02
Sumec velký (n=11)	0,40 ± 0,07	0,22 ± 0,04
Tlāmoun nilský (n=3)	0,70 ± 0,05	0,69 ± 0,09
Keříčkovec červenolemý (n=3)	0,56 ± 0,02	0,34 ± 0,01

4.5 Stanovení parametrů „Big 7“

Hodnoty těchto parametrů jsou uvedeny v tabulce č. 17, 18 a 19. Hodnoty sacharidů a cukrů byly jednotně dosazeny u všech druhů z důvodu jejich obecně velmi nízkého zastoupení v těle ryb nezávisle na druhu. I přes zanedbatelný podíl jsou ovšem tyto hodnoty potřebné pro následný výpočet energetické hodnoty. Obsah soli je záměrně neuváděn (nebyl ani analyzován) z důvodu výskytu pouze velice nízkého množství výhradně přirozeně se vyskytující soli. Tento parametr, coby neživinová položka, navíc není potřebný pro výpočet energetické hodnoty. Obsah tuku a SFA je exaktně analyzovaný (viz výše uvedené výsledky). Energetická hodnota byla počítána dle vzorce uvedeného v kapitole „Materiál a metodika“ a vykazovala rozdílných výsledků hlavně z důvodu rozdílného obsahu tuku a bílkovin u jednotlivých druhů ryb chovaných v různých podmínkách. Zjištěné hodnoty nebyly statisticky porovnávány mezi jednotlivými druhy, tabulky č. 18, 19 a 20 přinášejí průměrný výsledek a očekávatelnou variabilitu.

Tabulka č. 18: Stanovené hodnoty „Big 7“ pro druhy ryb chované polointenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	Tuk g×100 g⁻¹ ± sd	SFA g×100 g⁻¹ ± sd	Sacharidy g×100 g⁻¹	Cukry g×100 g⁻¹	Bílkoviny g×100 g⁻¹	Sůl g×100 g⁻¹	CELKOVÁ ENERGETICKÁ HODNOTA kJ×100 g⁻¹ ± sd
Kapr obecný (n=12)	7,62 ± 2,90	1,79 ± 0,72	1	0,5	17,5	-	731 ± 115
Tolstolobik bílý (n=8)	6,87 ± 1,37	1,76 ± 0,58	1	0,5	15	-	642 ± 54
Amur bílý (n=8)	5,95 ± 1,33	1,38 ± 0,58	1	0,5	15	-	606 ± 52
Lín obecný (n=4)	4,55 ± 0,30	1,05 ± 0,28	1	0,5	17,5	-	610 ± 12
Sumec velký (n=12)	2,96 ± 1,70	0,57 ± 0,35	1	0,5	20	-	606 ± 69
Candát obecný (n=6)	0,79 ± 0,09	0,18 ± 0,03	1	0,5	20	-	520 ± 4
Okoun říční (n=10)	0,76 ± 0,05	0,21 ± 0,01	1	0,5	20	-	520 ± 2
Štika obecná (n=4)	0,71 ± 0,13	0,16 ± 0,03	1	0,5	20	-	517 ± 5

Tabulka č. 19: Stanovené hodnoty „Big 7“ ryby chovaných extenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	Tuk g×100 g ⁻¹ ± sd	SFA g×100 g ⁻¹ ± sd	Sacharidy g×100 g ⁻¹	Cukry g×100 g ⁻¹	Bílkoviny g×100 g ⁻¹	Sůl g×100 g ⁻¹	CELKOVÁ ENERGETICKÁ HODNOTA kJ×100 g ⁻¹ ± sd
Cejnek malý (n=4)	5,52 ± 0,44	1,06 ± 0,08	1	0,5	17,5	-	648 ± 17
Síh peled' (n=6)	5,00 ± 1,10	1,22 ± 0,25	1	0,5	15	-	569 ± 44
Ostroretka stěhovavá (n=4)	4,62 ± 1,21	1,00 ± 0,23	1	0,5	15	-	554 ± 48
Kapr obecný (n=6)	4,08 ± 1,20	0,85 ± 0,26	1	0,5	17,5	-	592 ± 48
Jelec tloušť (n=5)	3,87 ± 0,10	0,79 ± 0,05	1	0,5	17,5	-	583 ± 7
Lín obecný (n=5)	3,63 ± 1,05	0,82 ± 0,28	1	0,5	17,5	-	573 ± 41
Pstruh obecný (n=4)	3,43 ± 0,65	0,71 ± 0,29	1	0,5	20	-	566 ± 26
Pstruh duhový (n=5)	2,42 ± 0,28	0,53 ± 0,08	1	0,5	17,5	-	582 ± 11
Lipan podhorní (n=8)	2,12 ± 0,70	0,64 ± 0,30	1	0,5	17,5	-	514 ± 31
Cejn velký (n=10)	2,04 ± 1,19	0,46 ± 0,25	1	0,5	17,5	-	514 ± 44
Karas stříbřitý (n=4)	1,14 ± 0,38	0,29 ± 0,11	1	0,5	17,5	-	475 ± 15

Tabulka č. 20: Stanovené hodnoty „Big 7“ ryby chovaných intenzivním způsobem. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

Druh ryby	Tuk g×100 g ⁻¹ ± sd	SFA g×100 g ⁻¹ ± sd	Sacharidy g×100 g ⁻¹	Cukry g×100 g ⁻¹	Bílkoviny g×100 g ⁻¹	Sůl g×100 g ⁻¹	CELKOVÁ ENERGETICKÁ HODNOTA kJ×100 g ⁻¹ ± sd
Siven americký (n=6)	9,67 ± 2,40	2,02 ± 0,57	1	0,5	20	-	897 ± 31
Síh peled' (n=6)	8,91 ± 1,10	1,75 ± 0,37	1	0,5	15	-	569 ± 44
Pstruh duhový (n=4)	7,34 ± 1,02	1,22 ± 0,24	1	0,5	20	-	779 ± 40
Sumec velký (n=11)	4,13 ± 1,50	0,78 ± 0,29	1	0,5	20	-	651 ± 61
Tlamoun nilský (n=3)	3,58 ± 1,08	1,14 ± 0,38	1	0,5	17,5	-	572 ± 42
Keříčkovec červenolemý (n=3)	2,86 ± 0,50	0,79 ± 1,12	1	0,5	20	-	606 ± 20

4.6 Lipidové složení mořských a diadromních druhů

Tabulka č. 21 udává zastoupení tuku, nejvýznamějších mastných kyselin a jejich skupin a poměru n-3/n-6 dvou významných mořských a diadromních ryb. Zástupcem mořských ryb v této studii je makrela obecná a u diadromních druhů je zde prezentován losos obecný. Oba dva druhy se vyznačují vysokou tučností, přes 13 %. Nejmarkantnější rozdíl je u PUFA, kdy losos obecný obsahuje o 20 % méně n-3 PUFA, ale vyšší n-6 PUFA z celkového obsahu tuku oproti makrele obecné. Díky tomuto rozdílu je vysoce ovlivněn i poměr n-3/n-6. Dále se losos obecný v této studii vykazuje, oproti makrele obecné, velice nízkým obsahem n-3 HUFA.

Tabulka č. 21: Zastoupení tuku, nejvýznamnějších skupin mastných kyselin a poměru mastných kyselin u makrely obecné a lososa obecného. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka.

	Makrela obecná (n=3)	Losos obecný (n=3)
Tuk (% \pm sd)	13,75 \pm 2,28	13,51 \pm 2,60
SFA (% \pm sd)	32,14 \pm 0,05	16,47 \pm 0,23
MUFA (% \pm sd)	34,35 \pm 0,12	62,76 \pm 0,85
PUFA (% \pm sd)	33,52 \pm 0,17	30,94 \pm 0,91
n-3 PUFA (% \pm sd)	30,78 \pm 0,01	14,64 \pm 1,24
n-6 PUFA (% \pm sd)	2,74 \pm 0,18	16,30 \pm 0,35
n-3 HUFA (% \pm sd)	29,99 \pm 0,04	8,67 \pm 1,36
EPA + DHA (% \pm sd)	27,79 \pm 0,07	6,80 \pm 1,39
n-3/n-6 (% \pm sd)	11,29 \pm 0,75	0,90 \pm 0,09

5 Diskuze

Diplomová práce „Kvalita lipidů našich hospodářsky významných druhů ryb“ byla vytvořena na základě údajů o produkci, výlovu z volných vod (sportovní rybolov) a intenzivních chovů. Cílem této studie bylo rozdělení nejvýznamějších druhů ryb v České republice do skupin podle jejich způsobu chovu (polointenzivní, extenzivní a sportovní rybolov a intenzivní chov ryb) a vytvoření soupisu jejich nutričních parametrů, především obsahu tuku a kompozice mastných kyselin. Důvodem tohoto rozdělení byly očekávatelné rozdíly v obsahu tuku i v kompozici mastných kyselin v závislosti na druhu přijímané potravy, respektive předkládaného krmiva.

5.1 Obsah tuku

Obsah tuku je silně ovlivněn druhem přijímané potravy. Ryby z polointenzivních chovů, v ČR především kapr obecný, lín obecný, popřípadě amur bílý, jsou ovlivněny příkrmováním. Mezi ryby chované v těchto podmínkách jsou zařazeny i druhy dravých ryb. Dravé ryby sice nevyužívají směsi využívané pro příkrmování, ovšem jejich potravní ryby ano. Hospodářsky nejvýznamnější druh ze skupiny ryb chovaných polointenzivním způsobem je kapr obecný, který se vyznačuje velkou proměnlivostí v obsahu tuku během roku (Mráz a Picková 2011; Zajíc a kol., 2011). V této studii byl prokázán obsah tuku 7,62 %. Tento výsledek měl velkou variabilitu, která je způsobena rozdíly v úživnosti daného rybníka (soubor vzorků zde použitých byl směsí z více rybníků), různými dobami odlovu (léto – podzim) a rozdíly v intenzitě příkrmování, což je samo o sobě rozhodujícím faktorem. Vzhledem k obsahu tuku je možné zařadit kapra obecného mezi ryby středně tučné. Výsledky této práce jsou v určitém rozporu se studii provedenými Özogulem a kol., (2007) nebo Castrem a kol. (2007), které uvádí obsah tuku u kapra obecného pod 2 %. Tyto hodnoty odpovídají spíše obsahu tuku pouze v bílé svalovině (Zajíc a kol., 2012), což je však informace z hlediska lidské konzumace irelevantní. Obsah tuku u kapra obecného byl zkoumán i v rybnících, kde se živil pouze přirozenou potravou a výsledný obsah činil 4,08 % tuku a je tedy patrné, že rybníky s příkrmováním obilovinami mají signifikantní dopad na zvyšování obsahu tuku v těle chovaných ryb (Zajíc a kol., 2013). Obdobných rozdílů mezi příkrmovanými a nepříkrmovanými rybami dosahoval rovněž lín obecný, ovšem statisticky se nepodařilo tento rozdíl potvrdit.

Tolstolobik bílý je další významnou rybou polointenzivních chovů. Vyznačuje se zpravidla vysokou tučností, kdy obsah tuku u této ryby je silně ovlivněn hmotností a u větších ryb dosahuje okolo 20 % (Razzavi a kol., 2014). Obsah tuku uvedený v této studii je 6,87 % a je tedy výrazně nižší, než uvádí Razzavi a kol., 2014. Tento rozdíl je způsoben rozdílnou hmotností ryb. Vzorky byly úmyslně odebírány z ryb relativně menších, protože ty jsou nejčastěji předmětem obchodu a konzumace a jejich nutriční složení je tak relevantní jak z hlediska chovatele (zpracovatele), tak z pohledu konzumenta.

Candát obecný, okoun říční a štika obecná vykazovaly očekávaný obsah tuku pod 1 %. Výsledek 0,76 % ve svalovině okouna říčního je totožný se studií Orbana a kol. (2007). Obsah tuku u štiky obecné se shoduje se studií provedenou Žmijewski a kol. (2006). Naproti tomu vyvrací výsledek 2 – 2,4 % tuku, který uvádí Kucska a kol., 2006. Zde je ale vyšší obsah tuku způsoben patrně vyšší hmotností analyzovaných ryb.

Sumec velký v polointenzivních chovech vykazoval překvapivě velice nízký obsah tuku. Ačkoli je tento druh mezi konzumenty běžně považován za „spíše tučnější“ (předpokládá se obsah přes 10 %), zjištěné hodnoty na úrovni 2,96 % hovoří o opaku a shodují se studiiemi Cirkovic a kol. (2012); Hallier a kol. (2007); Jankowska a kol. (2004); Stancheva a kol. (2014) a Zajíc a kol. (2010). Lze se oprávněně domnívat, že, podobně jako u jiných druhů, bude obsah tělního tuku stoupat se zvyšující se hmotností. V této studii byly použity ryby o váze 4 kg, což je běžná tržní hmotnost sumce a výsledek lze tedy považovat za použitelný. Ryby z extenzivních chovů a z volných vod se vyznačovaly obecně nižším obsahem tuku. U pstruha duhového, síha peledě a sumce velkého bylo provedeno porovnání v obsahu tuku mezi rybami z extenzivních (ryby, které nejsou ovlivněny příkrmováním) a intenzivních chovů, u pstruha duhového se jednalo o ryby odlovené ze sportovního revíru, které se vyskytovaly v toku minimálně půl roku. Rozdíl mezi těmito skupinami byl patrný u všech třech druhů, ovšem statisticky prokazatelný byl jen u pstruha duhového a síha peledě. Pstruh duhový, který byl sportovně odloven, vykazoval obsah tuku 2,42 % a přibližuje se obsahu tuku uvedenému ve studii Popelky a kol. (2014). Naproti tomu pstruh duhový z intenzivního chovu obsahoval 7,34 % tuku. Tento výsledek potvrdil tvrzení studie Köse a Yildize (2013), která uvádí, že krmnou směsí využívanou v intenzivních chovech je obsah tuku významně zvyšován.

Síha peledě vykazoval rozdíl mezi extenzivním a intenzivním chovem rozdíl necelá 4 % a tento rozdíl je způsoben kompletní krmnou směsí podávanou v řízených podmín-

kách recirkulačního systému. I když síh peled' vykazoval takovýto rozdíl, podobá se rozmezí v obsahu tuku, který uvádí Ju a kol. (1997) a Serrini a kol., 1996, je ale důležité zmínit, že tyto studie byly provedeny na jiných druzích rodu *Coregonus*. Dostupné údaje pro peledě v současnosti nejsou, proto by tato studie mohla dopomoci k popisu nutričního složení této bezesporu konzumentsky atraktivní ryby.

Ve skupině ryb chovaných extenzivním způsobem, které byly odloveny ze sportovních revírů, je zajímavým druhem cejnek malý, který byl s průměrným obsahem tuku 5,52 % vyhodnocen jako nejučtější ryba z této skupiny a shoduje s údaji, které publikují Živković a kol. (2012). Zajímavým námětem do diskuze může být fakt, že tato ryba, ačkoli je v našich vodách velmi hojná, není vedena samostatně v kategorii úlovků. Snadná záměna s cejnem velkým a velké množství sportovními rybáři nezapsaných úlovků vede k úvaze, že tohoto druhu mohou být v naší zemi ročně zkonsumovány nejméně desítky, dost možná i stovka tun, což při jeho nutričním složení jistě není na škodu.

Ostroretka stěhovavá se s obsahem tuku 4,62 % statisticky shodovala s cejnem malým. Vzhledem k tomu, že neexistují relevantní informace o nutričních hodnotách tohoto druhu, nelze tento výsledek porovnat s žádnou studií.

Cejn velký a karas stříbřitý vykazovali rovněž zajímavé výsledky. Tyto dva druhy totiž měly neočekávaně nízký obsah tuku. U cejna velkého se jednalo o 2,04 % a u karasa stříbřitého o pouhých 1,14 %. Průměrná hodnota v obsahu tuku u cejna velkého vykazovala velkou míru variability způsobenou zřejmě různými lokalitami odlovu. Ovšem hodnota 2,04 % tuku je o poznání nižší, než hodnoty 3,3 – 4 %, které uvádějí Žmijevski a kol. (2006) a Ljubojević a kol. (2014b). Živković a kol. (2012) dále uvádí obsah tuku u karasa v omezení 3 – 4 %. Tato diplomová práce ale prezentuje zmiňovaný výsledek 1,14 %, který je tedy znatelně nižší.

Tato studie prokázala, že obsah tuku u jelece tlouště (3,87 %), pstruha obecného (3,43 %) a lipana podhorního (2,12 %) se shoduje s údaji, které publikují Renaville a kol. (2013); van Vliet a Katan (1990); Donmer (2009). Lze se tedy domnívat, že zde zjištěné hodnoty odpovídají (přinejmenším do značné míry) skutečným průměrným hodnotám a výsledek z hlediska následného výpočtu energetické hodnoty považovat za relevantní.

Obsah tuku u ryb chovaných intenzivním způsobem je relativně vysoký, díky vysokému podílu tuku v předkládaném krmivu. Vzhledem k této skutečnosti se dal očekávat zvýšený obsah tuku u druhů použitých pro tuto studii. Siven americký vykazoval

9,67 % tuku a shoduje se studií Sahina a kol. (2011), stejně jako s publikací Zajíce a kol. (2013) a bakalářskou prací autora této studie (Krejša, 2013).

Sumec velký opět vykazoval nižší obsah tuku, než se předpokládalo. Hodnota 4,13 % řadí tuto rybu mezi méně tučnou, ovšem shoduje se studií Ljubojević a kol. (2013).

Tlamoun nilský z této studie obsahoval 3,58 % tuku. Cladis a kol. (2014) a Gardunolugo a kol. (2008) uvádí obsah nižší, konkrétně 1 – 2,5 %. Tento nižší obsah je zřejmě způsoben právě kvalitou a množstvím podávaného krmiva.

Keříčkovce červenolemý vykazoval obsah tuku 2,86 % a podobal se výsledkům, které uvádí Rosa a kol. (2007) a Özogul a kol. (2006), tedy rozmezí 3 – 5 %. Nepatrně nižší obsah je zřejmě opět způsoben kvalitou a množstvím podávaného krmiva, zkráceně – odlišnou technologií chovu. V zásadě je ale možné potvrdit předchozí zjištění a zařadit jak tlamouna („tilapie“), tak i keříčkovce („klarias“) mezi spíše méně tučné druhy intenzivně chovaných druhů ryb.

Hodnoty obsahu tuku u ryb z polointenzivních chovů vykazovaly výsledky dle očekávání. Kapr obecný, tolstolobik bílý a amur bílý obsahovali nejvíce tuku. Naproti tomu ryby dravé obsahovali nejmenší množství tuku. Nejzajímavější výsledek ale vykazoval sumec velký, který obsahoval $2,96 \pm 1,7$ % tuku, ovšem předpoklad byl vyšší.

Ryby z extenzivních chovů nebo sportovně odlovené jsou velice zajímavou kapitolou. Díky zařazení druhů, o kterých je velmi málo relevantních informací (cejnek malý, ostroretka stěhovavá, síh peled', jelec tloušť, lipan podhorní, karas stříbřitý) vytváří tato studie posun ve znalosti nutričního složení těchto ryb. Právě cejnek malý s obsahem tuku $5,52 \pm 0,44$ % byl překvapivě zařazen jako nejtučnější ryba a obdobných výsledků dosahovala i ostroretka stěhovavá. Na druhou stranu byl poměrně překvapivým zjištěním velmi nízký obsah tuku u karasa stříbřitého.

Intenzivní chovy se vyznačují produkcí ryb s vysokým obsahem tuku, tento předpoklad potvrdily lososovité ryby, Podobně jako ve skupině rybníční (polointenzivní chov) byl zjiště nečekaně nízký obsah tuku u sumce velkého.

5.2 Kompozice mastných kyselin

Kompozice mastných kyselin je, obdobně jako obsah tuku, silně ovlivněna druhem přijímané potravy, tedy výživou. Okoun říční, candát obecný a štika obecná se vyznačují vysokým procentuálním zastoupením EPA a DHA, ovšem reálné hodnoty byly,

ve srovnání s dalšími druhy ze stejné skupiny ryb, o poznání nižší díky nízkému obsahu tuku. Procentuální zastoupení EPA a DHA u okouna říčního se shoduje se studií provedenou Orbanem a kol. (2007). Opačně je tomu u štiky obecné, která se s hodnotami 6,88 % pro EPA a 21,85 % pro DHA velice odlišuje od hodnot uváděné Jankowskou a kol. (2007) a Žmijewsky a kol. (2006), kteří uvádějí pro EPA 20 – 30 % a pro DHA 27,96 %. Nejvyšší reálné hodnoty v zastoupení EPA a DHA byly zjištěny u tolstolobika bílého ($477 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$) s procentuálním zastoupením EPA a DHA 8,19 %, kapra obecného ($234 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$) a lína obecného ($319 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$). Tyto vyšší hodnoty jsou způsobeny právě vyšším obsahem tuku u zmíněných druhů ryb. Kapr obecný z polointenzivních chovů vykazoval zastoupení EPA 2,95 % a DHA 1,81 % a výrazně se tak liší od studií popsanych v literární části, kde např. Özogul a kol. (2006) uvádí zastoupení EPA 5,86 % a DHA 8,21 %. Jedno z možných vysvětlení tohoto rozdílu je odlišný obsah tuku ($7,62 \pm 2,9 \%$ v této studii, oproti $0,88 \%$ uváděném Özogul kol. (2006)), respektive různé období odlovu kapra obecného.

Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných v extenzivních podmínkách nebo sportovně odlovených vykazuje velkou variabilitu díky zmíněnému rozdílnému druhu přijímané potravy. Obdobně jako u polointenzivně chovaných ryb je i v této skupině vysoká závislost mezi obsahem tuku a zastoupením EPA a DHA v reálných hodnotách. Síh peled' je v této skupině ryb „nejhodnotnějším“ druhem, kdy zastoupení těchto dvou mastných dosahuje $1048 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ EPA a DHA. Tato studie se značně odlišuje od studie Serriniho a kol. (1996), která uvádí obsah EPA a DHA na úrovni 15 %. Vysvětlení se nabízí v pohledu na životní prostředí analyzovaných ryb. Zatímco ve svém původním habitatu, kterým jsou oligotrofní, chladnější jezera, nemají (obecně) síhové „nadbytek“ přirozené potravy, v rybnících ČR, které jsou svou povahou spíše eutrofní, je této potravy dostatek, až nadbytek. Proto může peled' z takového prostředí „zkonzentrovat“ obsah těchto kyselin až na zjištěných cca 24 % a $1048 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ svaloviny. Karas stříbřitý a lipan podhorní vykazovali vysoké procentuální zastoupení EPA a DHA, ale nízké reálné hodnoty. Tato studie udává zastoupení 3,44 % EPA a 15,84 % DHA a v hodnotách EPA se shoduje se studií Gladysheva a kol. (2012), ovšem hodnoty pro DHA jsou v této studii nižší. Ostroretka stěhovavá vykazuje obdobě jako síh peled', z hlediska lidské konzumace velice zajímavých výsledků obsahu EPA a DHA ($18,15 \%$ = $713,83 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$). Vzhledem ke zmíněné absenci relevantních informací o nutričním složení této ryby v literatuře lze považovat zde prezentované hodnoty jako jedny z prvních publikovaných. Z hlediska sportovních rybářů je tak ostroretka stěhovavá za-

jímavý druh nejen po stránce lovu, ale měla by být i z hlediska konzumace. Cejnek malý v procentuálním součtu EPA a DHA vykazoval nejnižší sumy ($6,41 \pm 0,11$ %), ovšem díky jeho poměrně vysoké tučnosti jsou reálné hodnoty EPA a DHA relativně vysoké, na úrovni $301,11 \pm 28,11 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$.

Keříčkovce červenolemý, síh peld' a siven americký vykazovali statisticky shodné procentuální zastoupení EPA a DHA v rozmezí 16,5 – 17,8 %. To by odpovídalo velmi podobnému složení krmných směsí pro „méně“ významné druhy ryb v intenzivním chovu. Ty jsou založeny na rybí moučce a oleji, tedy na komoditách významně bohatých právě na EPA a DHA (a další HUFA). Limitujícím, rozdílným činitelům je tak pouze obsah tuku ve svalovině konzumovaných ryb, který se může mezidruhově lišit i navzdory podobnému krmivu. Rozdílné hodnoty tedy byly zjištěny v reálném zastoupení, kdy keříčkovce červenolemý vykazoval hodnoty pouze kolem $451 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$. Naproti tomu siven americký dosáhl hodnot na úrovni $1441 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ EPA a DHA. V této studii bylo dále zjištěno 2,75 % EPA a 7,5 % DHA z celkového obsahu tuku u pstruha duhového chovaného v intenzivních podmínkách, což se shoduje s výsledky publikovanými ve studiích Hossaina (2011); Popelky a kol. (2014) a Zelenky a kol. (2003), které uvádějí rozmezí pro EPA 2,1 – 9,5 % a pro DHA 5 – 13 %. Pstruh duhový v extenzivních podmínkách vykazoval nepatrně nižší zastoupení EPA a DHA, které je jednoznačně způsobeno faktem, že ryby v intenzivních chovech přijímají krmivo s vysokým obsahem tuku, zejména rybího.

Obsah skupin jednotlivých mastných kyselin je ovlivněn druhem ryby. Zastoupení SFA je u všech sledovaných druhů pod 30 %, kromě tolstolobika bílého s obsahem 30,55 %, tlamouna nilského s 36,76 % a keříčkovce červenolemého s 31,35 % SFA. Hodnota SFA u tolstolobika bílého jen těsně převyšuje rozmezí 24 – 30 %, které udává Razavi a kol. (2014) a Vujkovic a kol. (1999).

Obsah MUFA je výrazně ovlivněn způsobem chovu. Ryby z polointenzivních chovů, které jsou přikrmovány vysokoenergetickými obilovinami, mají tyto hodnoty vyšší oproti rybám dravým. Důvodem je ukládání přebytečné energie ve formě tuku o vysokém obsahu právě MUFA (zejména kyseliny olejové; 18:1n-9). Jabeen a Chaundhry (2011) udávají zastoupení MUFA u kapra obecného 32 % a Stancheva kol. (2014) dokonce 21,05 % v porovnání s výsledky této studie jsou tyto hodnoty výrazně nižší. V této práci byl zjištěn obsah MUFA 52,71 %, což jednoznačně odpovídá přikrmovaným obsádkám kapra (Mráz a kol., 2012; Zajíc a kol., 2011, 2013) a tento zvýšený rozdíl je způsoben množstvím obilovin, kterými je kapr obecný přikrmován. Naproti tomu vý-

sledky obsahu MUFA u kapra obecné z extenzivních chovů jsou nižší (44,86 %) ovšem stále se nepřibližují údajům uvedeným ve studiích Jabeena a Chaundhry (2011) a Stancheva a kol. (2014). Obdobné snížení obsahu MUFA bylo pozorováno i u lína obecného. Ryby dravé, jako jsou candát obecný a štika obecná obsahují MUFA kolem 22 % a okoun říční dokonce 17,83 % což je nižší hodnota než udává Orban a kol. (2007). Naproti tomu sumec velký jako dravec obsahuje 41,44 % MUFA a shoduje se s rozmezím uvedeným ve studiích Cirkovice a kol. (2012); Stancheva kol. (2014) a Ljubojeviče a kol. (2013a). Toto větší zastoupení MUFA u sumce velkého je zřejmě způsobeno konzumací větších ryb, které využívají příkrmování obilnými směsmi a jejich kompozice tuku obsahuje vysoká množství MUFA. Tímto faktem je i ospravedlněno zařazení dravých druhů do jedné skupiny s kaprem, tolstolobikem apod., neboť právě na příkladu sumce je vidět vliv příkrmování obsádek na složení tuku nejen „přímých konzumentů“, ale i vrcholových predátorů.

Síh peleď a tlamoun nilský jako jediné dva druhy ryb z intenzivních chovů vykazovali obsah MUFA přes 40 %. Síh peleď, který v této studii vykazoval obsah 45 %, se výrazně lišil od studie Serriniho a kol. (1996), která udává obsah MUFA 30 %. Tento rozdíl je zcela určitě způsoben podávanou krmnou směsí v intenzivních chovech, protože síh peleď, který byl chován v extenzivních podmínkách, obsahoval 26,36 % MUFA a velice se přibližoval hodnotám udávaných Serrinim a kol. (1996). Nejvíce překvapující hodnotu MUFA vykazoval karas stříbřitý, který je potravním konkurentem kapra obecného a tudíž by se mu obsah MUFA měl podobat, což potvrzuje i Živković a kol. (2012), který udává rozmezí 46 – 56 % MUFA. Karas stříbřitý použitý pro tuto studii ale vykazoval pouze 29,36 % MUFA. Tato odlišnost je patrně způsobena odlovem karasa stříbřitého před vegetační sezónou, což je potvrzeno např. prací Zajíce a kol. (2013), ve které bylo konstatováno odbourávání energetických (SFA a zejména MUFA) mastných kyselin v době hladovění, tedy přes zimu.

V zastoupení mastných kyselin řady n-3 HUFA vykazovali největšího podílu candát obecný (33,45 %), okoun říční (36,29 %) a štika obecná (31,72 %). Ostatní druhy ryb měly hodnoty n-3 HUFA pod 30 % a nejnižší hranici dosáhl amur bílý s hodnotou 3,72 %. Tento rozdíl v obsahu je způsoben rozdílnou potravní základnou a zejména obsahem tuku jednotlivých druhů.

Poměr n-3/n-6 byl u všech druhů ryb ve všech skupinách velice vyrovnaný pohyboval se v rozmezí 0,5 – 5. Ačkoli se toto rozmezí může zdát relativně široké, mnoho lékařských studií a doporučení udává doporučený poměr do 5 ve prospěch n-6 (Simopou-

los, 2001; 2008). Je-li v současné populaci nadbytek n-6 kyselin, potom naprosto všechny druhy ryb (nejen z této studie) představují vynikající potravinu napomáhající tento nadbytek n-6 mastných kyselin snížit.

Kompozice mastných kyselin je, obdobně jako u tuku, ovlivněna druhem přijímané potravy a také samotným množstvím tuku ve filetu. Procentuálně nejvyššího zastoupení EPA + DHA vykazují obecně ryby dravé, jako okoun říční $33,46 \pm 2,14$ %, candát obecný $29,04 \pm 1,42$ % a štika obecná $28,73 \pm 4,22$ %. Představují tak významný rozdíl oproti rybám všežravým či býložravým, kdy kapr obecný v této studii obsahuje $4,77 \pm 4,32$ %, tolstolobik bílý potom $8,19 \pm 2,5$ % EPA + DHA. Ovšem v reálných hodnotách je toto pořadí dle předpokladu zcela opačné a např. okoun říční obsahuje $219,98 \pm 23,73$ $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ a tolstolobik bílý $477,37 \pm 210,72$ $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ EPA a DHA. V extenzivních chovech jsou hodnoty EPA a DHA o poznání vyrovnanější. Velice překvapivého výsledku dosáhl cejnek malý, který byl s relativně vysokým obsahem tuku nejučtější rybou a v obsahu EPA a DHA vykazoval pouze $6,41 \pm 0,11$ % a $301 \pm 28,02$ $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$. Naproti tomu síh peled' je v této skupině na prvním místě s obsahem $24,66$ % a $1048,14$ $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$. Obdobně vyrovnaných výsledků mezi reálnými hodnotami a procentuálním zastoupení vykazovala i ostroretka stěhovavá s $18,15$ % a $713,83 \pm 274,5$ $\text{mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ i když její hodnoty byly nižší než u síha peledě. U ryb z intenzivních chovů překvapivě nejvyššího procentuálního zastoupení $17,86$ % vykazoval keříčkovec červenoledý ovšem reálné hodnoty byly zjištěny rapidně nízké.

Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin bylo dle očekávání velice různorodé. Jedinou výjimkou tvořily SFA, které byly dle očekávání zjištěny u všech druhů pod 30 %, a jediný tlamoun nilský s 36 % SFA se odlišoval. Obsah MUFA je ovlivněn obilnými směsmi používanými při příkrmování a bylo očekáváno, že ryby využívající příkrmování budou mít vyšší obsah MUFA, než ryby dravé. Toto se potvrdilo u kapra obecného, který obsahoval $52,71 \pm 7,75$ % MUFA v kontrastu s okounem, který vykazoval $17,83 \pm 1,12$ % MUFA. Ovšem vysoký obsah MUFA vykazovaly i ryby z extenzivních vod nebo sportovně odlovené. Nejméně očekávaný výsledek byl prokázán u pstruha duhového s obsahem MUFA $49,60 \pm 16,5$ %. Obsah PUFA byl nejhojněji zastoupený u dravých ryb (štika obecná $50,94 \pm 5,76$ %, candát obecný $50,05 \pm 1,73$ %) ovšem překvapivě velice nízký u kapra obecného $18,75 \pm 7,63$ % s touto hodnotou PUFA byl nejhorší sledovanou rybou v této studii.

5.3 Lipidové složení u diadromních a mořských ryb

Losos obecný a makrela obecná byly zařazeny do této studie z důvodu jejich velké oblibě na českém i celosvětovém jídelníčku.

Makrela obecná vykazovala obsah tuku $13,75 \pm 2,28$ % a velice se přibližovala optimálnímu množství 10 % uváděné Sampels a kol. (2014). Zastoupení EPA bylo prokázáno $9,31 \pm 0,04$ % a DHA $18,48 \pm 0,12$. Hodnota DHA je shodná se studiemi Bae a kol. (2014) a Steffense (1997), kteří uvádí rozsah zastoupení DHA 10 – 22 %. Naproti tomu naše studie prokázala o 2,31 % vyšší obsah EPA, než uvádějí zmiňovaní autoři. Makrela obecná sice disponuje vysokým obsahem EPA a DHA ovšem jejím čím dál větším odlovem z volných mořských vod dochází k drancování oceánů a její budoucnost je velice nejasná.

Zástupcem diadromních ryb byl v této studii zvolen losos obecný. V této studii byl prokázán obsah tuku $13,51 \pm 2,60$ %. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí 7 – 17 %, které uvádí Cladis a kol. (2014); Henriques a kol. (2014); Nefedova a kol. (2014). V námi provedené studii vykazoval losos obecný zastoupení DHA pouze $3,44 \pm 1,46$ % a EPA $3,35 \pm 0,08$ %. Tyto hodnoty jsou výrazně nižší oproti Bell a kol. (2004); Nefedová a kol. (2014), kteří uvádí hodnoty EPA 5 – 10 % a DHA 8,1 – 25,1 %. Tento rozdíl je zřejmě způsoben rozdílným složením krmné dávky v intenzivních klecových chovech, kde je losos odchováván. Zvýšená poptávka po rybí moučce a oleji způsobuje nutnost nahrazovat tyto komponenty rostlinnými složkami. Tento fakt se promítá do následné kompozice mastných kyselin lososa. Spolu s rostoucí konzumací mořských ryb má poptávka po rybí moučce a oleji za následek přelovování oceánů neboli tzv. „overfishing“. To je stav, při kterém ryby už nedokáží přirozeně obnovovat své stavy a dochází tak k jejich zdecimování (Tacon a Metian, 2008). Z tohoto důvodu je vhodné zvyšovat chov a konzumaci sladkovodních druhů, u kterých je závislost na mořských komponentech v krmivu mnohem nižší. Výsledky rozboru lososa v této studii navíc potvrzují, že časté tvrzení o „mnohonásobně vyšším“ obsahu n-3 mastných kyselin ve srovnání s našimi druhy už dávno není pravdivé.

5.4 Obsah sušiny

Z výsledků obsahu sušiny je patrný vztah mezi obsahem tuku a obsahem sušiny u jednotlivých druhů ryb. Ryby tučnější, jako např. cejnek malý nebo tolstolobik bílý,

obsahovaly velké množství sušiny (cejnek malý 24,54 % a tolostolobik bílý 26,21 % sušiny). Naproti tomu ryby dravé obsahovali statisticky nižší obsah sušiny, který byl např. prokázán u okouna říčního (18,47 %). Z těchto výsledků je tedy zřejmá závislost, že čím větší obsah tuku tím vyšší obsah sušiny ve sledovaném vzorku masa ryb.

5.5 Nutriční lipidové indexy

Aterogenní (AI) a trombogenní (TI) indexy jsou relativně novými a v budoucnu možná více užívanými pomocnými indexy, které udávají jedinou hodnotou vhodnost/nevhodnost daného zdroje tuku pro lidskou výživu. Hodnoty AI v této studii u všech ryb byly zjištěny pod 0,5, výjimky tvořili pouze keříčkovec červenolemý a tlamoun nilský. Hodnoty TI byly ještě nižší než AI a pohybovaly se pod hranici 0,4. Jedinou výjimku tvořil opět tlamoun nilský s hodnotou 0,69. Výsledky AI a TI této studie jsou zajímavou ukázkou těchto hodnot u velkého množství druhů ryb, vzhledem k tomu, že o těchto údajích je velice málo relevantních zdrojů. Pro srovnání, vepřové maso vykazuje AI 0,60 a TI 1,37, a hovězí maso AI 0,72 a TI 1,27 (Ulbricht a Southgate, 1991).

5.6 Stanovení hodnot „Big 7“

Stanovení hodnot „Big 7“ ukazuje na velikou rozmanitost v obsahu tuku jednotlivých druhů ryb, který byl popsán výše, a dále na široké rozmezí energetické hodnoty studovaných druhů. Nejvíce energeticky hodnotnou rybou v této studii byl siven americký ($897 \text{ kJ} \times 100 \text{ g}^{-1}$) naopak nejnižší energetickou hodnotu vykazoval karas stříbřitý ($475 \text{ kJ} \times 100 \text{ g}^{-1}$). Z těchto výsledků je opět patrný vztah mezi obsahem tuku a energetickou hodnotou, tedy že čím tučnější ryby, tím obsahují více energie z hlediska konzumace člověkem. Toto tvrzení je relativně očekávané vzhledem k tomu, že $1 \text{ g tuku} = 39,5 \text{ kJ}$.

V této studii, zaměřené primárně na obsah a složení tuku našich hospodářsky významných druhů ryb, jsou hodnoty „Big 7“ zatíženy určitou chybou. Ta je dána „pouhým“ odhadem zastoupení bílkovin. Zároveň lze očekávat další variabilitu v nutričním složení (a zejména v obsahu a složení tuku) v rámci toho kterého druhu získaného z různých lokalit a chovných systémů. Nicméně i tak se jedná o značně přesnou informaci použitelnou prodejci ryb k naplnění požadavků na uvádění nutričních údajů dle nařízení 1169/2011.

Zpracované hodnoty „Big 7“ vynesené v přehledné tabulce jsou pro konečného zákazníka či konzumenta velice informativní a směrodatnou pomůckou.

Doporučení pro konzumaci:

EFSA (2010) uvádí doporučený příjem EPA + DHA 250 mg denně. Následující tabulka č. 22 uvádí doporučené množství denních porcí (100 g) jednotlivých druhů ryb z jednotlivých chovů pro splnění 250 mg EPA a DHA denně.

Tabulka č. 22: Seznam jednotlivých druhů ryb a jejich doporučený příjem denních porcí (100 g rybího masa) pro splnění minimálního denního příjmu EPA a DHA dle EFSA (2010).

Extenzivní chov		Polointenzivní chov		Intenzivní chov	
Druh ryby	Počet porcí	Druh ryby	Počet porcí	Druh ryby	Počet porcí
Síh peled'	0,2	Tolstolobik bílý	0,5	Síh peled'	0,2
Ostroretka stěhovavá	0,4	Lín obecný	0,8	Siven americký	0,2
Lín obecný	0,7	Sumec velký	1,0	Pstruh duhový	0,4
Jelec tloušť	0,7	Kapr obecný	1,1	Sumec velký	0,6
Pstruh obecný	0,8	Okoun říční	1,1	Keříčkovec červenolemý	0,6
Cejnek malý	0,8	Candát obecný	1,3	Karas stříbřitý	1,1
Lipan podhorní	0,8	Štika obecná	1,5	Tlamoun nilský	1,6
Cejn velký	0,9	Amur bílý	1,9		
Kapr obecný	1,0				
Pstruh duhový	1,1				
Karas stříbřitý	1,1				

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že pro dostatečný příjem EPA + DHA doporučeného EFSA (2010) postačí konzumovat 1 – 2 porce ryb denně. Nejmenší množství porce stačí zkonsumovat u síha peledě a sivena amerického. Naproti tomu u amura bílého a tlamouna nilského by byla potřeba zkonsumovat porce dvě. Je logickou úvahou, že konzumovat každý den v průměru 1 – 2 porce ryb je nereálné. Nicméně data v tabulce 22 jsou propočítána pro 100 g porci. Ve skutečnosti bývá porce ryby větší (150 – 200 g), to znamená úměrné snížení „nutnosti“ konzumace. V zásadě se lze omezit (a touto prací zároveň potvrdit) na známé konstatování o zařazení rybího masa do jídelníčku minimálně 2 x týdně.

6 Závěr

Na základě statistických údajů o produkci, výlovu z volných vod a konzumaci se podařil zjistit obsah a složení lipidů ryb, které jsou nejvíce chované v akvakultuře a ryb nejvíce lovených sportovními rybáři. Tato práce prokázala rozdílné výsledky v obsahu tuku mezi jednotlivými druhy ryb z odlišných chovů a provázala tak vztah tuku a jeho kompozice na předkládané krmivo či druh přijímané potravy. Vzhledem k dosaženým výsledkům se dále podařilo vytvořit hodnoty aterogenních a trombogenních indexů u všech druhů ryb použitých pro tuto studii. Seznam aterogenních a trombogenních indexů vede k novým poznatkům a vytvoření relevantních informací u velkého množství druhů ryb. V neposlední řadě se podařilo sestavit tabulku nutričních parametrů tzv. „Big7“.

Tato práce svým obsahem ohledně tuku a jeho kompozice u jednotlivých druhů ryb přináší údaje, o kterých je doposud často velice málo relevantních informací. Neinformovanost a malá znalost rybích druhů žijících v České republice a neznalost jejich nutričního složení je jeden z mnoha faktorů, který vede k nízké spotřebě ryb. Výsledky této práce mohou poskytnout podklady pro lepší a informovanější výběr pro zakazníka neboli konečného konzumenta. Výsledky této diplomové práce vedou i k doporučení pro konzumaci jednotlivých druhů ryb, které uvádí množství denních 100 g porcí pro dosažení optimálních hodnot příjmu EPA a DHA doporučené EFSA (2010). Nejzajímavější rybou z hlediska tuku a složení mastných kyselin je síh peld'. Naproti tomu tlamoun nilský vykazoval překvapivě nízké hodnoty.

Součástí práce je rovněž přehled nutričního složení studovaných druhů, tzv. hodnoty „Big 7“, do kterých se řadí tuky, SFA, bílkoviny, sacharidy, cukry, soli a celková energetická hodnota. Tyto hodnoty se vztahují k Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Tato vyhláška je závazná od 13.12. 2014 a udává seznam povinných údajů, které musí být uvedeny na výrobku. Nově od roku 2016 budou muset být tyto informace obohaceny o „Big 7“. Vysoká proměnlivost v obsahu tuku v závislosti na mnoha faktorech popsanych v této práci vede k obavám zpracovatelů a prodejců ryb ze stran naplnění požadavků zmíněného nařízení. Pochyby se týkají zejména tolerovaných odchylek. Proto je tato, stejně jako každá další studie na toto téma vysoce přínosnou jednak pro zabránění „klamání“ spo-

třebitele, o které nemá žádný producent zájem a jednak pro případný spor o odchylkách v nutričním složení daného druhu ryby.

7 Použitá literatura

- 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. *Ark Kemi.* 28,551–570
- Ateş, M., Çakiroğullari, Ç.G., Kocabaş, M., Kaym, M., Can, E., Kizak, V., 2013. Seasonal variations of proximate and total fatty acid composition of wild brown in Munzur river, Tuzluca-Turkey. *Turk. J. Fish. Aquat. Sc.*13, 613-619.
- Bae, H.J., Yoon, H.S., Lim, Y.S., 2011. Heavy metals content and chemical composition of atlantic (*Scomber scombrus*), Blue (*Scomber australisicus*), and Chub (*Scomber japonicus*) mackerel musels. *Food Sci. Biotechnol.* 3,709-714.
- Bell, J., Henderson, R.J., Tocher, D.R., Sagent, J.R., 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing of linseed oil: Modification of flesh fatty acid compositions in atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids.* 39, 223-232.
- Buchtová, L., Vorlová, L., Svobodová, Z., Flajšhans, M., 2005. Chemical composition of flesh of diploid and triploid population of tench (*Tinca tinca*, Linnaeus 1758). *Czech J. Anim. Sci.* 5, 213-219.
- Castro, F.A.F., Sant'Ana, H.M.P., Campos, F.M., Costa, N.M.B., Silva, M.T.C., Salaro, A.L., Franceschini, S.C.C., 2007. Fatty acid composition of free freshwater fishes under different storage and cooking processes. *Food Chem.* 103, 1080-1090.
- Cirkovic, M., Ljubojevic, D., Dordevic, V., Novakov, N., Petronijevic, R., Matekalo-Sverak, V., Trbovic, D., 2012. The breed effect on produktivity and meat nutrient composition of fish. *Kafkas Univ. Vet. Fak.* 5, 775-780.
- Cladis, D.P., Kleiner, A.C., Freiser, H.H., Santerre, C.R., 2014. Fatty acid profiles of commercially available finfish fillets in the United States. *Lipids.*10, 1005-1018.
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. Rybníkářství. *Informatorium.* s. 306.
- ČRS, 2014. Český rybářský svaz, statistiky a úlovky. [online, cit. 15.5.2014] Dostupné z: www.rybsvaz.cz.
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2012. Spotřeba potravin 2011. [online, cit. 10. 8.2014] Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2011-mnl7ste7t5>.
- ČSÚ (Český statistický úřad), 2013. Analýza spotřeby potravin. [online, cit. 10. 8.2014] Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/rychle_informace_archiv.
- Donmez, M., 2009. Determination of fatty acid compositions and cholesterol levels of some freshwater fish living in Pursuk Dam, Turkey. *Chem. Nat. Compd.* 1, 14-17.

- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. Obecné rybářství. Informatorium. s. 308.
- EFSA, 2005. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European parliament related to the safety assessment of wild and farmed fish. The EFSA Journal 236, 1-118.
- EFSA, 2010. Panel on dietic products, nutrition and allergies (NDA). Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, *trans* fatty acids, and cholesterol. EFSA Journal. 8, 1461.
- FAO, 2012. State of World Fisheries, Aquaculture Report - Fish Consumption [online, cit. 1.5.2014]. Dostupné z : www.FAO.org.
- FAO, 2015. Fisheries and aquaculture department. Species fact sheets *Scobmber scomber*. [online, cit. 10.3 .2015]. Dostupné z: <http://www.fao.org/fishery/species/2473/en>
- Fernandes, C.E., Vasconcelos, M.A.D., Ribeiro, M.D., Sarubbo, L.A., Andrade, S.A.C., de Melo, A.B., 2014. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. Food Chem. 67-71.
- 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.
- Garaffo, M.A., Vassallo-Agius, Nengas, Y., Lembo, E., Rando, R., Maisano, R., Dugo, G., Giuffrida, D., 2011. Fatty acids profile, aterogenic (IA) and thromogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynus* L.) and their salted product "Bottarga". Food Nutr. Sci., 2, 736-743.
- Garduno-lugo, M., Herrera-Solis, J.R., Angulo-Guerrero, J.O., Munoz-Cordova, G., De la Cruz-edina, J., 2007. Nutrient composition and sensory evaluation of fillets from wild-type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaenus) and a red hybrid (Florida red tilapia x O-niloticus). Aquac. res. 10, 1074-1081.
- Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Kalachova, G.S., Makhumtova, O.N., 2012. Stable isotope composition of fatty acids in organisms of different trophic levels in the Yenisei river. Plos one. 3.
- Guler, G.O., Kiztabir, B., Aktumsek, A., Cital, 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 Beysehir Lake (Turkey). Food Chem. 108, 689-694.
- Hallier, A., Serot, T., Prost, C., 2007. Influence of rearing conditions and feed on the biochemical composition of Fillem of the European catfish (*Silurus glanis*). Food Chem. 3, 808-815.
- Hamre, K., Lie, O., Sandnes, K., 2003. Seasonal development of nutriet composition, lipis oxidation and colour of Fillem from Nowegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). Food Chem. 3, 441-446.
- Hanel, L., Lusk, S., 2005. Ryby a mihule České republiky. Český svaz ochránců přírody Vlašim. s. 447.

- Hara, R., Radin, N.S., 1978. Lipid extraction with a low-toxicity solvent. *Anal. Biochem.* 90, 420-426.
- Henderson, R.J., 1996. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Arch. of Anim. Nutr.* 1, 5-22.
- Henriques, J., Dick, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2014. Nutritional quality of salmon products available from major retailers in the UK: content and composition of n-3 long-chain PUFA. *Brit. J. Nutr.* 6, 964-975.
- Hixson, S.M., Parrish, .C., Anderson, D.M., 2014. Changes in tissue lipid and fatty acid composition of farmed Rainbow trout in response to dietary camelina oil as a replacement of fish oil. *Lipids.* 1, 97-111.
- Hoffman, LC., Prinsloo, J.F., 1995. Genetic and nutritional influence on the total lipid fatty acid profile of *Clarias gariepinus* muscle. *Aquat. Living Resour.* 4, 415-421.
- Hossain, M.A., 2011. Fish as Source of n-3 Polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which one is better- farmed or wild? *J. Food Sci. Tech.* 6, 455-466.
- Chauke, E., Cukrowska, E., Thaela-Chimuka, M.J., Chimuka, L., Nsengimana, H., Tutu, H., 2008. Fatty acids composition in South African freshwater fish as indicators of food quality. *Water SA.* 1, 119-125.
- Jabeen, F., Chaundry, S.A., 2011. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chem.* 125, 991-996.
- Jankowska, B., Załęś, Z., Żmijewski, T., Szcpekowski, M., 2003. Fatty acid profile and meat utility of wild and cultured zander, *Sander lucioperca*(L.). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities.* 1.
- Jankowska, B., Załęś, Z., Żmijewski, T., Szcpekowski, M., 2007. Fatty acid composition of wild and cultured northern pike (*Esox lucius*). *J. Appl. Ichthyol.* 2, 196-201.
- Jankowska, B., Załęś, Z., Żmijewski, T., Ulikowski, D., Kowalska, A., 2004. Impact of diet the fatty acids profile of european catfish (*Silurus glanis* L.). *Archives of Polish Fisheries.* 2, 99-110.
- Ju, S.J., Kucklick, J.R., Kozlova, T., Harvey, H.R., 1997. Lipid accumulation and fatty acid composition during maturation of three pelagic fish species in Lake Baikal. *J. Great Lakes Res.* 3, 241-253.
- Kalač, P., Špička, J., 2006. Složení lipidů sladkovodních ryb jejich význam v lidské výživě. *České Budějovice, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta*, s. 57.
- Kaushik, S.J., Corraze, G., Radunz-Neto, J., Larroquet, L., Dumas, J., 2006. Fatty acid profiles of wild brown trout and Atlantic salmon juveniles in the Nivelle basin. *J. Fish Biol.* 5, 1376-1387.
- Kaya, Y., Erdem, M.E., 2009. Seasonal comparison of wild and farmed brown trout (*Salmo trutta forma fario* L. 1758): Crude lipid, gonadosomatic index and fatty acids. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 5, 413-423.

- Köse, I., Yildiz, M., 2013. Effect of diets containing sesame oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J. Appl. Ichthyo. 6, 1318-1324.
- Kouřil, J., Mareš, J., Pokorný, J., Adámek, Z., Randák, T., Kolářová, J., Palíková, M., 2008. Chov lososovitých druhů ryb, lipana a síhů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, VÚRH Vodňany. s. 141.
- Krejsa, J., 2013. Vliv alternativních krmiv na obsah omega 3 mastných kyselin ve svalovině ryb. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. s. 41.
- Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S., Appel, L.J., 2002. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. Circulation. 106, 2747-2757.
- Kucska, B., Pál, L., Müller, T., Bódis, M., Bartos, Á., Wágner, L., Husvéth, F., Bercsényi, M., 2006. Changing of fat content and fatty acid profile of rezed pike (*Esox Lucius*) fed two different diets. Aquac. res. 37, 93-101.
- Lefevre, M., Kris-Therton, P.M., Zhao, G., Tracy, R.P., 2004. Dietary fatty acids, hemostasis, and cardiovascular disease risk. Journal of the American Dietetic Association. 3, 410-419.
- Ljubojević, D., Čirković, M., Đorđević, V., Puvača, N., Trbović, D., Vukadinov, J., Plavša, N., 2013a. Fat quality of marketable fresh water fish species in the Republic of Serbia. Czech J. Food Sci. 31, 445-450.
- Ljubojević, D., Trbović, D., Lujic, J., Bjelic-Cabrilo, O., Kostic, D., Novakov, N., Čirkovic, M., 2013b. Fatty acid composition of fishes from inland waters. Bulg. J. Agri. Sci. 1, 62-71.
- Lund, E., K., 2013. Health benefits of seafood: Is it just the fatty acids? Food chem. 3, 413-420.
- Mairesse, G., Thomas, M., Gardeur, J.N., Brun-Bellut, J., 2006. Effects of geographic source, rearing system and season on the nutritional quality of wild and farmed *Perca fluviatilis*. Lipids. 3, 221-229.
- Mráz, J., Pickova, J., 2011. Factors influencing fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) muscle. Neuroendocrinol.Lett. 32, 3-8.
- Mráz, J., Zajíc, T., Picková, J., 2012. Culture of common carp (*Cyprinus carpio*) with defined flesh quality for prevention of cardiovascular diseases using finishing feeding strategy. Neuroendocrinol.Lett. 33, 60-67.
- MRS, 2014. Moravský rybářský svaz, statistiky a úlovky. [online, cit. 20.5.2014] Dostupné z: www.mrs.cz.
- Murray, D.S., Hager, H., Tocher, D.R., Kainz, M.J., 2014. Effect of replacement of dietary fish meal and oil by pumpkin kernel cake and rapeseed oil on fatty acid composition and metabolism in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Aquaculture. 85-91.
- MZeČR, 2013. Situační a výhledová zpráva RYBY. Ministerstvo zemědělství ČR, 45.
- MZeČR, 2014. Situační a výhledová zpráva RYBY. Ministerstvo zemědělství ČR, 36.
- National Research Council (NRC) 1993, Nutrient Requirements of Fish, National Academy Press, Washington, DC, USA.

- Nefedova, Z.A., Murzina, S.A., Veselov, A.E., Ripatti, P.O., Nemova, N.N., 2014. Heterogeneity of lipids and fatty acids of fingerlings of Atlantic salmon *Salmo salar* L. different in weight and size. *Contemp. Probl. Ecol.* 4, 484-488..
- Nihat, Y., Nusret, G., 2013. Comparison of proximate and fatty acid compositions of wild brown trout and farmed rainbow trout. *S. Afr. J. Anim. Sci* 1, 89-97.
- Öhrvik, V., Malmberg, A., Mattison, I., Wretling, S., Åstrand, Ch., 2012. Fish, selfish and fish products – analysis of nutrients. Swedes food agency. Raport 1. 1-48.
- Olsen, R.E., Henderson, R.J., McAndrew, B.J., 1990. The conversion of linoleic acid and linolenic acid to longer chain polyunsaturated fatty acids by Tilapia (*Oreochromis nilotica*) in vivo. *Fish Physiol. Biochem.* 3, 261-270
- Orban, E., Navigato, T., Masci, M., Di Lena, G., Casini, I., Caproni, R., Gambelli, L., De Angelis, P., Rampacci, M., 2007. Nutritional quality and safety of European perch (*Perca fluviatilis*) from three lakes of central Italy. *Food Chem.* 100, 482-490.
- Özogul, Y., Özogul, F., Alagoz, S., 2007. Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food Chem.* 103, 217-223.
- Pettersson, A., Pickova, J., Brannas, E., 2009. Effects of crude rapeseed oil on lipid composition in Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *J. Fish Biol.* 6, 1446-1458.
- Perez-Jimenez, F., Ruano, J., Perez-Martinez, P., Lopez-Segura, F., Lopez-Miranda, J., 2007. The influence of olive oil on human health: Not a question of fat alone. *Mol. Nutr. Food Res.* 10, 1199-1208.
- Popelka, P., Marcincak, S., Maskařova, I., Guothova, L., Certik, M., 2014. Comparison of the chemical composition and nutritional values of fresh and frozen rainbow trout. *Slovenian veterinary research.* 2, 73-80.
- Razavi, N.R., Arts, M.T., Qu, M.Z., Jin, B.S., Ren, W.W., Wang, Y.X., Campbell, L.M., 2014. Effect of eutrophication on mercury, selenium and Essential fatty acids in Bighead Carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) from reservoirs of eastern China. *Sci. Total Environ.* 36-46.
- Renaville, B., Tulli, F., Bruno, M., Tibaldi, E., Messina, M., 2013. Fatty acid desaturase 2 (FADS2) insertion/deletion polymorphism impact on muscle fatty acid profile in European grayling (*Thymallus thymallus*). *Brit. J. Nutr.* 9, 1559-1564.
- Rosa, R., Bandarra, N.M., Nunes, M.L., 2007. Nutritional quality of African catfish (*Clarias gariepinus*) (Burchell 1822): positive criterion for the future development of the European production of Siluroidei. *Int. J. Food Sci. Tech.* 3, 342-351.
- Rybářské sdružení České republiky, 2014. Online, cit. 1. 9. 2014. Dostupné z : <http://www.cz-ryby.cz/tables-show/>.
- Rudkowska, I., Mrcotte, B., Pilon, G., Lavigne, C., Marette, A., Vohl, M.C., 2010. Fish nutrients decrease expression levels of tumor necrosis factor-alpha in cultured human macrophages. *Physiol. Genomics.* 3, 189-194.

- Sahin, A.S., Bařınar, N., Kocabař, M., Tufan, B., Kse, S., Okumuř, I., 2011. Evaluation of meat yield, proximate composition and fatty acid profile of cultured brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1814) and black sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) in comparison with their hybrid. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 11, 261-271.
- Sampels, S., Levy, E., Mraz, J., Vejsada, P., Zajic, T., 2014. Kvalita a gastronomie ryby a rybich vyrobku. Jihoceska univerzita v eskych Budejovicich, Fakulta rybarstvı a ochrany vod. s. 247.
- Senso, L., Suarez, M.D., Ruiz-Cara, T., Garcia-Gallego, M., 2007. On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Food Chem. 1, 298-307.
- Serrini, G., Luzzana, U., Grimaldi, P., Paleari, M.A., Valfre, F., 1996. Fatty acid composition of some coregonid species (*Coregonus spp.*) from different European lakes. J. Appl. Ichthyol. 1, 57-59.
- Schreckenbach, K., Ksche, R., Ebert, K., 2001. Nutrient and energy content of freshwater fishes. J. Appl. Ichthyol. 17, 142-144.
- Simopoulos, A. P., 2001. Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. Eur. Heart J. Suppl. 3, 8-21.
- Simopoulos, A., P., 2008. The omega-6/omega-3 fatty acid ratio, genetic variation, and cardiovascular disease. Asia Pac. J. Clin. Nutr. 17, 131-134.
- Simopoulos, A.P., Leaf, A., Salem, N., 1999. Workshop on the essentiality of an recommended dietary intakes for Omega-6 and Omega-3 fatty acids. J. Am. Coll. Nutr. 5, 487-489.
- SOFIA, 2014. The state of World Fisheries and Aquaculture, FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome. s. 243.
- Spiric, A., Trbovic, D., Vranic, D., Djinic, J., Petronijevic, R., Matekalo-Sverak, V., 2010. Statistical evaluation of fatty acid profile and cholesterol content in fish (common carp) lipids obtained by different sample preparation procedures. Analytica Chimica Act. 1-2, 66-71.
- SPV, 2011. Spolenost pro vyživu o.s. Referennı hodnoty pro prıjem ivin. Vyiva servis s.r.o. 1 vydnı. s. 192.
- Stancheva, M., Merdhanova, A., Dobрева, D.A., Makedonsky, L., 2014. Common Carp (*Cyprinus carpio*) and European Catfish (*Sillurus glanis*) from the Danube river as sources of fat soluble vitamins and fatty acids. Czech J. Food Sci. 1, 16-24.
- Steffens, W., 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for hummus. Aquaculture. 151, 97-119.
- Steffens W., Wirth, M., 2007. Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*). Aquaculture int. 3-4, 313-319.

- Tacon, A.G.J., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*. 285, 146-158.
- Tacon, A., G., J., Metian, M., 2013. Fish matters: Importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. 1, 22-38.
- Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*. 11, 107-184.
- 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 a fresh-water teleost fish and from a marine teleost fish. *Comparative Biochem. Phys.* 2, 367-374.
- Trbovic, D., Markovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Petronijevic, R., Spiric, D., Djinovic-Stojanovic, J., Spiric, A., 2013. Influence of diet on proximate composition and fatty acid profile in common carp (*Cyprinus carpio*). *J. Food Compos. Anal.* 1, 75-81.
- Ulbricht, T.L.V., Southage, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*. 8773,985-992.
- Van Vliet, T., Katan, M.B., 1990. Lower ratio of n-3/n-6 fatty acids in cultured than in wild fish. *Am. J. Clin. Nutr.* 51, 1-2.
- Velíšek, J., 2002. *Chemie potravin 1*. Osis. s. 328.
- Voss, A., Reinhart, M., Sankarappa, S., Sprecher, H., 1991. The metabolism of 7,10,13,16,19-docosapentaenoic acid to 4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid in rat-liver is independent of a 4-desaturase. *J. Biol.Chem.* 30,19995-20000.
- Vujkovic, G., Karlovic, D., Vujkovic, I., Vorosbaranyi, I., Jovanovic, B., 1999. Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. *Journal of The American Oil Chemist Society*. 4, 475-480.
- WHO, 2014. Availability and consumption of fish. In: *Global and regional food consumption patterns and trends*. [online, cit. 26.8.2014]. Dostupné z: www.who.int.
- WHO/FAO, 2003. Diet, nutrition and the preventiv of chronic diseases. WHO technical report series. 913, 1-150.
- Yamada, A., Bemrah, N., Veyrand, B., Pollono, C., Merlo, M., Desvignes, V., Sirot, V., Ose-redczuk, M., Marchand, P., Cariou, R., Antignac, J.P., Le Bizec, B., Leblanc, J.C., 2014. Per-fluoroalkyl acid contamination and polyunsaturated fatty acid composition of French freshwater and marine Fishes. *J. Agr. Food Chem.* 30, 7593-7603.
- 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.
- Zajíc, T., Mráz, J., Kozák, P., Picková, J., 2011. Možnosti produkce sladkovodních ryb vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin. *Edice metodik, VÚRH Vodňany*, s. 34.

- Zajíc, T., Mráz, J., Kocour, M., Picková, J., 2012. Kompozice mastných kyselin v bílé svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) – porovnání čtyř hybridů ropšínského kapra. Bulletin VÚRH Vodňany 48 (4): 21-30.
- Zajíc, T., Mráz, J., Sampels, S., Pickova, J., 2013. Aplikace technologie finishing feeding do chovu ryb v praktických podmínkách českého rybářství. Edice Metodik, FROV JU, Vodňany, č. 137, 38 s.
- Zajíc, T., Mráz, J., Sampels, S., Pickova, J., 2013. Fillet quality changes as a result of purging of common carp (*Cyprinus carpio* L.) with special regard to weight loss and lipid profile. Aquaculture, 4, 111-119.
- Zelenka, J., Fajmonova, E., Komprda, T., Kladroba, D., Sarmanova, I., 2003. Effect of dietary linseed and sunflower oil on cholesterol and fatty acid contents in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. Czech J. Anim. Sci. 8, 321-330.
- Zhang, J.J., Wu, D., Liu, D.H., Fang, Z.X., Chen, J.C., Hu, Y.Q., Xe, X.Q., 2013. Effect of cooking styles on the lipid oxidation and fatty acid composition of grass carp (*Ctenopharygodon idellus*) fillet. J. Food Biochem. 2, 212-219.
- Živković, D., Šobajić, S., Perunović, M., Stajić, S., 2012. Seasonal variations in the chemical composition and fatty acid composition of selected fish species from the Danube river. Acta aliment. 4, 473-480.
- Žmijewski, T., Kujawa, R., Jankowska, B., Kwiatkowska, A., Mamcarz, A., 2006. Slaughter yield, proximate and fatty acid composition and sensory properties of rapfen (*Aspius aspius*) with of bream (*Abramis brama*) and pike (*Esox lucius*). J. Food Compos. Anal. 19, 176-181.

8 Seznam zkratek a použitých druhů ryb v této studii

Seznam použitých zkratek

- AI - aterogenní index
ALA - kyselina α -linolenová
ARA - kyselina arachidonová
ČRS - Český rybářský svaz
ČSÚ - Česká statistický úřad
DHA - kyselina dokosaheptaenová
EFSA - Evropská agentura pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority)
EPA - kyselina eikosapentaenová
FAO - Mezinárodní organizace pro zemědělství a potravinu (Food and Agriculture Organization)
HUFA - vysoce nenasycené mastné kyseliny (Highly unsaturated fatty acids)
kcal - kilokalorie
kJ - kiloJoule
LA - kyselina linolová
MRS - Moravský rybářský svaz
MUFA - mononenasyčené mastné kyseliny (Monounsaturated fatty acids)
MZE - Ministerstvo zemědělství
NAD - nikotinamid - adenin - dinukleotid
NADP - nikotinamid - adenin – dinukleotid – fosfát
PUFA - polynenasycené mastné kyseliny (Polyunsaturated fatty acids)
SFA - nasycené mastné kyseliny (Saturated fatty acids)
TI - trombogenní index
WHO - Světová zdravotnická organizace (World health organisation)

České a latinské názvy ryb zmíněných v textu

- Amur bílý - *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844)
Bolen dravý - *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758)
Candát obecný - *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)
Cejn velký - *Abramis brama* (Linnaeus, 1758)
Cejnek malý - *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)
Jelec tloušť - *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)
Kapr obecný - *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)
Karas stříbrný - *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)
Keříčkovec červenolemý - *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)
Lipan podhorní - *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758)
Lín obecný - *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)
Losos obecný - *Salmo salar* (Linnaeus, 1758)
Makrela obecná - *Scomber scombrus* (Linnaeus, 1758)
Okoun říční - *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)
Pangas spodnooký - *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878)

Pstruh duhový - *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)
Pstruh obecný potoční - *Salmo trutta fario* (Linnaeus, 1758)
Siven americký - *Salvelinus fontinalis* (Mitchill, 1815)
Síh peled' - *Coregonus peled* (Gmelin, 1788)
Sumec velký - *Silurus glanis* (Linnaeus, 1758)
Štika obecná - *Esox lucius* (Linnaeus, 1758)
Tlamoun nilský - *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)
Tolstolobik bílý - *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844)
Tolstolobec pestrý - *Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845)
Úhoř říční - *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)

9 Seznam tabulek, obrázků a příloh

- Tabulka č. 1: Seznam nejvíce produkovaných ryb v České republice od roku 2010 do roku 2012 v tunách, s 9.
- Tabulka č. 2: Kusové a váhové porovnání jednotlivých lovených druhů ryb v České republice od roku 2010 do roku 2012, s 10.
- Tabulka č. 3: Metabolismus mastných kyselin, s 16.
- Tabulka č. 4: Obsah tuku (% poživatelného podílu) a zastoupení mastných kyselin v nejvýznamnějších českých rybách, s 18.
- Tabulka č. 5: Seznam a popis jednotlivých ryb použitých pro tuto práci chovaných v akvakulturních podmínkách České republiky, především v polointenzivním hospodaření, s 32.
- Tabulka č. 6: Seznam a popis jednotlivých sportovně lovených a extenzivně chovaných ryb použitých pro tuto práci, s 32.
- Tabulka č. 7: Seznam a popis jednotlivých intenzivně chovaných ryb použitých pro tuto práci, s 33.
- Tabulka č. 8: Seznam a popis jednotlivých mořských a diadromních ryb použitých pro tuto práci, s 33.
- Tabulka č. 9: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3 / n-6 u jednotlivých druhů ryb chovaných polointenzivním způsobem, s 51.
- Tabulka č. 10: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3 / n-6 u jednotlivých druhů ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených, s 51.
- Tabulka č. 11: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 HUFA a poměru n-3 / n-6 u jednotlivých druhů ryb chovaných intenzivním způsobem, s 52.
- Tabulka č. 12: Zastoupení sušiny v mase jednotlivých druhů ryb chovaných polointenzivním způsobem, s 53.
- Tabulka č. 13: Zastoupení sušiny v mase jednotlivých druhů extenzivně chovaných nebo sportovně odlovených ryb, s 53.
- Tabulka č. 14: Zastoupení sušiny v mase jednotlivých druhů ryb odlovených z intenzivních chovů, s 54.
- Tabulka č. 15: Udává hodnoty AI (Aterogenní index) a TI (Trombogenní index) u ryb chovaných polointenzivním způsobem, s 54.
- Tabulka č. 16: Udává hodnoty AI (Aterogenní index) a TI (Trombogenní index) u ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených, s 54.

- Tabulka č. 17: Udává hodnoty AI (Aterogenní index) a TI (Trombogenní index) u ryb chovaných intenzivním způsobem., s 55.
- Tabulka č. 18: Stanovené hodnoty „Big 7“ pro druhy ryb chované polointenzivním způsobem, s 56.
- Tabulka č. 19: Stanovené hodnoty „Big 7“ ryby chovaných extenzivním způsobem, s 57.
- Tabulka č. 20: Stanovené hodnoty „Big 7“ ryby chovaných intenzivním způsobem, s 57.
- Tabulka č. 21: Zastoupení tuku, nejvýznamnějších skupin mastných kyselin a poměru mastných kyselin u makrely obecné a lososa obecného, s 58.
- Tabulka č. 22: Seznam jednotlivých druhů ryb a jejich doporučený příjem denních porcí (100 g rybiho masa) pro splnění minimálního denního příjmu EPA a DHA dle EFSA (2010), s 69.
- Graf č. 1: Spotřeba ryb v kg od roku 1992 do roku 2010 včetně stoupajícího trendu spotřeby v České republice, s 11.
- Graf č. 2: Spotřeba jednotlivých druhů ryb v kilogramech bez kapra obecného v České republice v roce 2013, s 12.
- Graf č. 3: Obsah tuku v % ve svalovině ryb z polointenzivně obhospodařovaných rybníků, s 39.
- Graf č. 4: Obsah tuku v % ve filetu extenzivně chovaných nebo sportovně odlovených ryb, s 40.
- Graf č. 5: Obsah tuku v % ve filetu intenzivně chovaných ryb, s 41.
- Graf č. 6: Porovnání obsahu tuku v % ve filetu kapra obecného a lína obecného mezi vzorky z polointenzivního a extenzivního chovu, s 42.
- Graf č. 7: Porovnání obsahu tuku v % ve filetu síha peledě, sumce velkého a pstruha duhového mezi vzorky z intenzivního a extenzivního chovu, s 43.
- Graf č. 8: Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných polointenzivním způsobem, s 44.
- Graf č. 9: Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených, s 45.
- Graf č. 10: Zastoupení EPA a DHA u ryb chovaných intenzivním způsobem, s 46.
- Graf č. 11: Zastoupení n-3 PUFA a n-6 PUFA u jednotlivých druhů ryb chovaných polointenzivním způsobem, s 47.
- Graf č. 12: Zastoupení n-3 PUFA a n-6 PUFA u jednotlivých druhů ryb chovaných extenzivním způsobem nebo sportovně odlovených, s 48.
- Graf č. 13: Zastoupení n-3 PUFA a n-6 PUFA u jednotlivých druhů ryb intenzivním způsobem, s 49.
- Obrázek č. 1: Zkrácený zápis mastných kyselin, s 14.
- Obrázek č. 2: Strukturní vzorec kyseliny linolové (18:2 n-6), s 15.
- Obrázek č. 3: Strukturní vzorec kyseliny α -linolenové (18:3 n-3), s 15.
- Obrázek č. 4: Vzorek filety pstruha duhového použitý pro potřeby studie (vlevo). Označený PVC sáček připravený k hlubokému zamrazení (vpravo), s 32.
- Obrázek č. 5: Označené zkumavky s vyextrahovaným tukem, s 34
- Obrázek č. 6: Plynový chromatogram *Trace Ultra*, s 36.
- Obrázek č. 7: Rovnice pro výpočet sušiny, s 37.
- Obrázek č. 8: Rovnoměrně rozmíchaný vzorek ve vysušeném písku (vlevo). Sušící trouba se vzorky (vpravo), s 37.
- Obrázek č. 9: Vzorec pro výpočet energetické hodnoty, s 38.
- Příloha č. 1: Zastoupení všech mastných kyselin a jejich skupin analyzované v této studii u ryb z polointenzivních chovů.
- Příloha č. 2: Zastoupení všech mastných kyselin a jejich skupin analyzované v této studii u ryb z extenzivních chovů nebo sportovně odlovené.

Příloha č. 3: Zastoupení všech mastných kyselin a jejich skupin analyzované v této studii u ryb z intenzivních chovů, lososa obecného a makrely obecné.

Příloha č. 4: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, n-3 HUFA a EPA a DHA v reálných hodnotách $\text{mg} \times 100\text{g}^{-1}$ u všech sledovaných druhů.

10 Přílohy

Příloha č. 1: Zastoupení všech identifikovaných mastných kyselin a jejich skupin analyzované v této studii u ryb z poloinenzivních chovů. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

	Kapr obecný	Tolstolobik bílý	Amur bílý	Lín obecný	Sumec velký	Candát obecný	Okoun říční	Štika obecná
obsah tuku	7,62 ± 2,9	6,87 ± 1,37	5,95 ± 1,33	4,55 ± 0,3	2,96 ± 1,7	0,79 ± 0,09	0,76 ± 0,02	0,71 ± 0,13
14:0	1,6 ± 0,3	2,86 ± 1,00	1,50 ± 0,40	2,40 ± 0,07	1,74 ± 0,33	2,13 ± 0,15	0,96 ± 0,19	0,83 ± 0,34
14:1	0,25 ± 0,3	0,24 ± 0,17	0,02 ± 0,02	0,15 ± 0,11	0,33 ± 0,15	0,28 ± 0,06	0,09 ± 0,06	0,06 ± 0,03
16:0	19,64 ± 1,3	22,91 ± 1,25	20,73 ± 4,16	21,20 ± 0,33	17,26 ± 1,93	20,47 ± 0,85	24,52 ± 1,07	21,03 ± 0,74
16:1	6,44 ± 4,06	10,31 ± 0,51	8,53 ± 1,90	12,88 ± 0,39	9,30 ± 3,45	5,94 ± 0,48	3,63 ± 0,63	3,95 ± 1,84
18:0	6,27 ± 0,7	4,47 ± 0,32	4,28 ± 0,87	3,09 ± 0,09	4,23 ± 0,93	4,21 ± 0,08	5,92 ± 0,33	4,68 ± 0,29
18:1n-9	41,14 ± 9,7	28,84 ± 1,56	29,95 ± 7,08	23,38 ± 0,38	28,07 ± 7,20	11,08 ± 0,66	9,66 ± 0,81	14,10 ± 3,18
18:1n-7	3,65 ± 0,7	4,09 ± 0,26	2,54 ± 0,50	6,17 ± 0,04	1,60 ± 2,51	4,92 ± 0,1	3,85 ± 0,31	3,84 ± 1,01
18:2n-6	7,51 ± 1,3	3,74 ± 0,40	9,37 ± 1,99	8,29 ± 0,11	5,45 ± 1,91	4,13 ± 0,38	3,23 ± 0,31	6,27 ± 0,45
18:3n-3	3,81 ± 1,64	8,33 ± 0,83	16,47 ± 15,58	7,26 ± 0,16	4,29 ± 1,40	5,38 ± 0,45	1,45 ± 0,62	2,89 ± 0,5
20:0	0,09 ± 0,03	0,24 ± 0,03	0,19 ± 0,06	0,3 ± 0,024	0,21 ± 0,08	0,28 ± 0,03	0,15 ± 0,05	0,11 ± 0,2
20:1n-9	1,15 ± 0,7	1,11 ± 0,11	0,86 ± 0,16	0,60 ± 0,08	2,06 ± 0,69	0,42 ± 0,03	0,37 ± 0,15	0,33 ± 0,1
20:2n-6	0,29 ± 0,7	0,54 ± 0,63	0,46 ± 0,11	0,85 ± 0,02	0,55 ± 0,20	0,30 ± 0,02	0,27 ± 1	0,66 ± 0,03
20:4n-6	1,32 ± 1,22	2,16 ± 0,44	1,20 ± 0,21	3,57 ± 0,01	2,53 ± 2,49	6,82 ± 0,59	9,35 ± 1,07	9,40 ± 2,01
20:3n-3	0,26 ± 0,22	0,67 ± 0,08	0,60 ± 0,13	0,49 ± 0,01	0,34 ± 0,37	0,90 ± 0,06	0,27 ± 0,14	0,23 ± 0,05
22:0	ND	0,06 ± 0,05	0,18 ± 0,04	0,10 ± 0,04	0,87 ± 0,58	0,09 ± 0,1	0,03 ± 0,02	0,03 ± 0,03
22:1	0,1 ± 0,5	0,02 ± 0,02	1,00 ± 0,01	0,02 ± 0,02	0,04 ± 0,07	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,01
20:5n-3	3 ± 2,77	4,17 ± 1,67	0,74 ± 0,19	5,30 ± 0,03	3,52 ± 1,20	6,35 ± 0,37	5,49 ± 1	6,88 ± 0,63
22:5 n-6	0,03 ± 0,03	ND	ND	ND	0,37 ± 0,36	ND	ND	ND
24:1	ND	ND	ND	ND	0,03 ± 0,01	0,1 ± 0,02	0,21 ± 0,11	0,06 ± 0,06
22:5 n-3	0,73 ± 0,61	1,21 ± 0,13	0,67 ± 0,15	0,97 ± 0,06	2,18 ± 0,47	3,51 ± 0,42	2,55 ± 0,23	2,76 ± 0,36
22:6n-3	1,8 ± 1,62	4,01 ± 1,01	1,63 ± 0,37	2,96 ± 0,18	10,2 ± 4,98	22,69 ± 1,08	27,97 ± 2,97	21,85 ± 4,39
SFA	27,6 ± 1,4	30,55 ± 0,72	26,88 ± 5,37	27,13 ± 0,25	24,29 ± 1,95	22,1 ± 1,02	31,59 ± 1,07	26,71 ± 0,51
MUFA	52,7 ± 7,75	44,61 ± 1,74	41,90 ± 8,78	43,15 ± 0,20	41,44 ± 8,17	22,77 ± 1,15	17,83 ± 1,12	22,35 ± 5,98
PUFA	18,7 ± 7,63	24,85 ± 2,21	31,22 ± 13,64	29,72 ± 0,19	29,25 ± 10,18	50,05 ± 1,71	50,57 ± 1,23	50,94 ± 5,76
n-3 PUFA	9,6 ± 6,24	18,40 ± 1,93	20,18 ± 15,17	16,69 ± 0,18	20,34 ± 6,79	38,80 ± 1,48	37,73 ± 1,70	34,61 ± 4,41
n-6 PUFA	9,2 ± 1,8	6,45 ± 0,96	11,03 ± 2,26	12,73 ± 0,12	8,91 ± 3,91	11,26 ± 0,25	12,84 ± 0,95	16,33 ± 2,13
n-3 HUFA	5,8 ± 5,04	10,06 ± 2,51	3,72 ± 0,72	9,72 ± 0,27	16,04 ± 6,54	33,45 ± 1,86	36,25 ± 1,98	31,73 ± 4,51
EPA+DHA	4,8 ± 4,37	8,19 ± 2,50	2,38 ± 0,48	8,26 ± 0,20	13,53 ± 5,91	29,04 ± 1,42	33,46 ± 2,14	28,73 ± 4,22
n-3/n-6	1 ± 0,46	2,91 ± 0,49	2,22 ± 0,51	1,33 ± 0,02	2,50 ± 0,72	3,45 ± 0,07	2,96 ± 0,28	2,14 ± 0,29

Nd = značí neidentifikované mastné kyseliny

Příloha č. 2: Zastoupení všech identifikovaných mastných kyselin a jejich skupin analyzované v této studii u rybz extenzivních chovů nebo sportovně odlovených. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

	Cejnek malý	Sih peled'	Ostroretka stěhovavá	Kapr obecný	Jelec tloušť	Lín obecný	Pstruh obecný	Pstruh duhový	Lipan podhorní	Cejn velký	Karas stříbrný
obsah tuku	5,52 ± 0,44	5 ± 1,1	4,62 ± 1,21	4,08 ± 1,2	3,87 ± 0,1	3,63 ± 1,05	3,43 ± 0,65	2,42 ± 0,28	2,12 ± 0,7	2,04 ± 1,19	1,14 ± 0,38
14:0	1,86 ± 0,08	3,91 ± 0,11	3,46 ± 0,95	1,70 ± 0,27	2,06 ± 0,16	2,43 ± 0,46	2,13 ± 0,69	2,02 ± 0,62	2,19 ± 0,58	1,90 ± 0,82	1,97 ± 0,10
14:1	0,15 ± 0,02	ND	0,12 ± 0,01	0,17 ± 0,09	0,45 ± 0,02	0,21 ± 0,12	0,20 ± 0,06	0,04 ± 0,04	14,89 ± 1,04	0,28 ± 0,17	0,11 ± 0,03
16:0	16,81 ± 0,40	19,67 ± 0,92	18,75 ± 2,29	21,33 ± 1,82	18,08 ± 0,40	21,24 ± 0,43	16,35 ± 5,45	18,96 ± 3,65	3,94 ± 1,29	17,01 ± 3,35	20,49 ± 1,57
16:1	12,43 ± 1,82	6,96 ± 0,26	17,29 ± 3,08	0,83 ± 0,39	9,40 ± 0,39	14,24 ± 1,91	6,95 ± 2,37	4,69 ± 1,13	3,29 ± 0,36	9,41 ± 3,01	7,99 ± 1,50
18:0	3,82 ± 0,16	4,56 ± 0,18	3,12 ± 0,23	1,44 ± 2,77	3,41 ± 0,10	2,40 ± 0,49	4,85 ± 1,56	5 ± 1,38	27,03 ± 4,5	5,12 ± 0,71	6,03 ± 0,16
18:1n-9	32,76 ± 2,03	14,86 ± 1,18	16,68 ± 2,14	39,44 ± 3,99	21,65 ± 0,66	18,87 ± 0,49	37,14 ± 20,66	32,64 ± 13,47	2,83 ± 0,29	20,12 ± 7,76	14,94 ± 3,28
18:1n-7	4,06 ± 0,52	3,16 ± 0,04	4,18 ± 0,07	4,37 ± 0,52	6,01 ± 0,13	4,89 ± 1,56	3,96 ± 1,27	3,85 ± 0,99	16,11 ± 3,43	6,53 ± 1,57	4,99 ± 0,42
18:2n-6	13,22 ± 1,59	3,86 ± 0,15	5,04 ± 2,08	12,61 ± 2,72	12,39 ± 0,30	8,61 ± 0,78	8,13 ± 3,03	15,81 ± 3,21	ND	8,73 ± 2,52	5,08 ± 2,46
18:3n-3	2,97 ± 0,07	9,48 ± 0,57	3,25 ± 1,35	5,45 ± 2,06	5,36 ± 0,18	9,96 ± 1,94	2,89 ± 0,96	1,36 ± 0,59	2,09 ± 0,4	2,54 ± 0,83	2,77 ± 0,69
20:0	0,57 ± 0,16	0,23 ± 0,03	0,25 ± 0,09	0,09 ± 0,05	0,35 ± 0,06	0,28 ± 0,04	0,32 ± 0,11	0,2 ± 0,05	0,14 ± 0,12	0,46 ± 0,20	0,28 ± 0,09
20:1n-9	0,69 ± 0,09	0,89 ± 0,28	0,91 ± 0,1	0,11 ± 0,02	0,98 ± 0,04	0,5 ± 0,1	1,13 ± 0,45	1,70 ± 0,82	2,30 ± 0,53	0,78 ± 0,24	1,20 ± 0,28
20:2n-6	1,83 ± 2,08	0,55 ± 0,03	0,39 ± 0,09	0,38 ± 0,13	0,76 ± 0,05	0,49 ± 0,04	1,61 ± 0,59	0,95 ± 0,24	1,61 ± 0,2	1,28 ± 0,36	2,41 ± 3,01
20:4n-6	1,63 ± 0,2	2,25 ± 0,08	4,49 ± 5,78	0,33 ± 0,11	3,91 ± 0,31	2,04 ± 0,19	2,88 ± 0,98	3,28 ± 1,92	1,42 ± 0,51	3,64 ± 0,75	5,18 ± 0,92
20:3n-3	0,19 ± 0,03	1,07 ± 0,1	0,48 ± 0,27	0,17 ± 0,27	0,66 ± 0,06	0,54 ± 0,11	0,45 ± 0,17	0,17 ± 0,05	0,18 ± 0,04	0,46 ± 0,11	0,57 ± 0,13
22:0	0,06 ± 0,04	0,12 ± 0,09	0,07 ± 0,04	ND	0,02 ± 0,02	0,07 ± 0,04	0,20 ± 0,06	0,05 ± 0,04	ND	0,09 ± 0,08	0,08 ± 0,03
22:1	0,04 ± 0,01	0,13 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,14 ± 0,04	0,02 ± 0,02	0,03 ± 0,02	0,13 ± 0,05	0,15 ± 0,07	0,3 ± 0,06	0,53 ± 0,133	0,09 ± 0,04
20:5n-3	3,60 ± 0,43	8,49 ± 0,30	12,98 ± 3,07	3,55 ± 1,11	4,82 ± 0,35	6,74 ± 0,39	2,82 ± 1,19	1,62 ± 1	3,44 ± 0,94	12,92 ± 14,39	6,17 ± 0,82
22:5 n-6	ND	0,76 ± 0,55	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,37 ± 0,11	ND	ND
24:1	0,01 ± 0,1	0,33 ± 0,04	ND	ND	0,08 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,09 ± 0,06	0,1 ± 0,09	0,48 ± 0,38	ND	0,03 ± 0,03
22:5 n-3	1 ± 0,04	2,21 ± 0,08	2,51 ± 0,42	1,49 ± 0,54	1,84 ± 0,19	1,23 ± 0,54	1,55 ± 0,61	0,56 ± 0,18	1,28 ± 0,31	2,32 ± 0,49	2,48 ± 0,25
22:6n-3	2,80 ± 0,39	16,8 ± 0,57	5,18 ± 1,09	3,64 ± 1,53	6,70 ± 0,74	5,23 ± 1,18	6,22 ± 2,49	6,85 ± 1,51	15,84 ± 7,85	5,88 ± 1,50	17,13 ± 1,48
SFA	22,57 ± 0,34	28,79 ± 0,76	25,85 ± 3,01	24,57 ± 1,19	23,91 ± 0,42	26,42 ± 1,16	23,85 ± 7,83	26,24 ± 5,18	33,58 ± 6,15	24,58 ± 4,72	28,86 ± 1,57
MUFA	50,36 ± 1,36	26,36 ± 1,31	39,84 ± 2	44,86 ± 3,48	38,59 ± 0,96	38,24 ± 2,87	49,60 ± 16,56	43,17 ± 11,03	40,19 ± 2,86	37,65 ± 9,84	29,36 ± 4,51
PUFA	27,24 ± 1,69	44,85 ± 1,82	34,32 ± 3,30	27,61 ± 3,99	36,54 ± 1,58	34,84 ± 3,69	26,65 ± 8,78	30,59 ± 6,13	26,23 ± 8,77	37,76 ± 12,64	41,79 ± 5,72
n-3 PUFA	10,57 ± 0,12	37,43 ± 1,45	24,39 ± 4,79	14,30 ± 3,95	19,38 ± 1,50	23,7 ± 3,02	13,92 ± 5,08	10,55 ± 3,02	22,23 ± 8,70	24,12 ± 14,14	29,11 ± 3,15
n-6 PUFA	16,68 ± 1,68	7,42 ± 0,55	9,92 ± 7,68	13,52 ± 2,60	17,05 ± 0,18	11,14 ± 0,84	12,62 ± 4,54	20,04 ± 4,95	3,40 ± 1,93	13,64 ± 3,12	12,68 ± 3,46
n-3 HUFA	7,60 ± 0,15	27,64 ± 0,92	21,15 ± 4,34	8,85 ± 2,94	14,02 ± 1,33	13,74 ± 1,59	11,04 ± 4,36	9,19 ± 2,48	20,75 ± 9,04	21,58 ± 14,50	26,34 ± 2,52
EPA+DHA	6,41 ± 0,11	24,66 ± 0,78	18,15 ± 3,84	7,18 ± 2,42	11,52 ± 1,08	11,59 ± 1,55	9,04 ± 3,67	8,45 ± 2,29	19,28 ± 8,78	18,80 ± 14,61	23,30 ± 2,19
n-3/n-6	0,64 ± 0,07	5,06 ± 0,32	4,24 ± 2,64	1,13 ± 0,45	1,14 ± 0,08	2,12 ± 0,2	1,17 ± 0,31	0,54 ± 0,18	7,79 ± 2,56	2,11 ± 2,11	2,45 ± 0,59

Nd = značí neidentifikované mastné kyseliny.

Příloha č. 3: Zastoupení všech identifikovaných mastných kyselin a jejich skupin analyzované v této studii u ryb z intenzivních chovů, lososa obecného a makrely obecné. Vynesené hodnoty jsou průměrem ± směrodatná odchylka.

	Siven americký	Sih peled'	Pstruh duhový	Sumec velký	Tlammoun nilský	Keříčkovce červenolemý	Losos obecný	Makrela obecná
obsah tuku	9,67 ± 2,4	9,57 ± 2,4	7,34 ± 1,02	4,13 ± 1,5	3,58 ± 1,08	2,86 ± 0,5	13,51 ± 2,60	13,75 ± 2,28
14:0	5,05 ± 0,29	4,74 ± 0,35	1,90 ± 0,98	3,57 ± 1,08	4,48 ± 0,33	3,96 ± 0,12	2,70 ± 0,02	3,48 ± 0,13
14:1	ND	ND	0,05 ± 0,01	0,24 ± 0,14	0,16 ± 0,01	0,09 ± 0,01	ND	0,06 ± 0,01
16:0	14,89 ± 0,65	15,29 ± 0,66	13,81 ± 0,61	14,21 ± 1,50	26,21 ± 0,95	22,42 ± 0,7	10,56 ± 0,12	22,97 ± 0,06
16:1	7,28 ± 0,29	7,32 ± 0,29	2,85 ± 0,30	5,15 ± 2,29	7,34 ± 0,97	5,37 ± 0,22	3,01 ± 0,08	4,75 ± 0,02
18:0	2,67 ± 0,18	2,28 ± 0,15	3,31 ± 0,05	3,56 ± 0,97	5,72 ± 0,45	4,63 ± 0,2	2,62 ± 0,06	5,25 ± 0,02
18:1n-9	20,23 ± 0,63	26,59 ± 1,64	29,72 ± 1,23	25,08 ± 4,93	26,67 ± 0,97	18,22 ± 0,55	42,28 ± 0,54	20,38 ± 0,22
18:1n-7	3,47 ± 0,22	4,39 ± 2,07	2,36 ± 0,04	1,09 ± 1,78	4,15 ± 0,48	4,45 ± 0,33	3,33 ± 0,10	4,99 ± 0,01
18:2n-6	9,99 ± 0,33	9,30 ± 0,4	26,84 ± 0,17	9,77 ± 2,81	11,56 ± 0,31	12,27 ± 0,01	14,89 ± 0,33	0,86 ± 0,13
18:3n-3	5 ± 0,74	2,52 ± 0,11	3,54 ± 0,28	2,52 ± 1,56	1,42 ± 0,59	2,00 ± 0,09	5,97 ± 0,12	0,79 ± 0,03
20:0	ND	0,19 ± 0,02	0,23 ± 0,01	0,22 ± 0,06	0,25 ± 0,02	0,25 ± 0,05	0,37 ± 0,03	0,34 ± 0,01
20:1n-9	2,03 ± 0,09	6,05 ± 0,82	2,02 ± 0,09+	6,53 ± 2,78	2,44 ± 0,46	4,46 ± 0,14	3,07 ± 0,05	2,72 ± 0,06
20:2n-6	4,81 ± 0,27	0,42 ± 0,02	0,90 ± 0,11	0,55 ± 0,32	0,63 ± 0,05	0,46 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,31 ± 0,03
20:4n-6	1,22 ± 0,11	0,56 ± 0,03	0,59 ± 0,02	0,38 ± 0,28	1,39 ± 0,16	1,13 ± 0,05	0,42 ± 0,02	1,56 ± 0,02
20:3n-3	3,41 ± 0,30	0,19 ± 0,04	0,16 ± 0,02	5,99 ± 5,19	0,21 ± 0,03	0,24 ± 0,01	0,43 ± 0,01	0,16 ± 0,01
22:0	0,28 ± 0,01	ND	0,12 ± 0,01	0,66 ± 0,38	0,09 ± 0,02	0,1 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,09 ± 0,09
22:1	ND	0,53 ± 0,09	0,25 ± 0,02	0,11 ± 0,1	0,17 ± 0,01	0,24 ± 0,02	0,52 ± 0,01	0,48 ± 0,01
20:5n-3	6,13 ± 0,25	6,50 ± 0,35	2,75 ± 0,20	4,22 ± 1,03	1,17 ± 0,49	5,73 ± 0,01	3,35 ± 0,08	9,31 ± 0,04
22:5 n-6	ND	0,15 ± 0,3	ND	0,23 ± 0,17	ND	ND	ND	ND
24:1	ND	0,33 ± 0,04	0,06 ± 0,1	0,04 ± 0,06	0,13 ± 0,01	0,27 ± 0,05	0,38 ± 0,01	0,96 ± 0,01
22:5 n-3	1,93 ± 0,14	1,32 ± 0,59	1,03 ± 0,12	2,51 ± 0,43	1,52 ± 0,07	1,60 ± 0,18	1,44 ± 0,01	2,04 ± 0,02
22:6n-3	10,49 ± 0,59	11,33 ± 0,97	7,50 ± 0,50	8,52 ± 2,32	4,19 ± 0,47	12,14 ± 0,43	3,44 ± 1,46	18,48 ± 0,12
SFA	22,90 ± 1,08	22,49 ± 0,92	19,38 ± 1,32	22,21 ± 1,57	36,76 ± 1,55	31,35 ± 0,56	16,47 ± 0,23	32,14 ± 0,05
MUFA	33,02 ± 0,73	45,22 ± 1,19	37,31 ± 1,11	38,24 ± 5,37	41,14 ± 0,35	33,10 ± 0,07	62,76 ± 0,85	34,35 ± 0,12
PUFA	42,08 ± 1,09	32,39 ± 0,58	43,31 ± 0,66	34,59 ± 4,10	22,10 ± 1,22	35,55 ± 0,63	30,94 ± 0,91	33,52 ± 0,17
n-3 PUFA	26,96 ± 1,06	21,86 ± 0,63	14,97 ± 0,61	23,65 ± 5,50	8,52 ± 1,40	21,63 ± 0,69	14,64 ± 1,24	30,78 ± 0,01
n-6 PUFA	16,02 ± 0,08	10,43 ± 0,43	28,33 ± 0,25	10,94 ± 2,90	13,58 ± 0,27	13,86 ± 0,06	16,30 ± 0,35	2,74 ± 0,18
n-3 HUFA	21,95 ± 0,70	19,34 ± 0,70	11,43 ± 0,57	21,24 ± 7	7,09 ± 0,96	19,70 ± 0,6	8,67 ± 1,36	29,99 ± 0,04
EPA+DHA	16,62 ± 0,77	17,83 ± 0,92	10,25 ± 0,46	12,73 ± 2,44	5,37 ± 0,87	17,86 ± 0,42	6,80 ± 1,39	27,79 ± 0,07
n-3/n-6	1,68 ± 0,06	2,10 ± 0,13	0,53 ± 0,02	2,42 ± 1,09	0,63 ± 0,11	1,57 ± 0,06	0,90 ± 0,09	11,29 ± 0,75

Nd = značí neidentifikované mastné kyseliny.

Příloha č. 4: Zastoupení SFA, MUFA, PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, n-3 HUFA a EPA a DHA v $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1}$ u všech sledovaných druhů. Vynesené hodnoty jsou průměrem \pm směrodatná odchylka.

Druh ryby		SFA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$	MUFA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$	PUFA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$	n-3 PUFA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$	n-6 PUFA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$	n-3 HUFA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$	EPA + DHA $\text{mg} \times 100 \text{g}^{-1} \pm \text{sd}$
Kapr obecný	Polointenzivní chov	1790 \pm 722	3514 \pm 1423	1097 \pm 434	525 \pm 281	572 \pm 217	290 \pm 170	234 \pm 141
	Extenzivní chov	853 \pm 260	1544 \pm 425	968 \pm 345	519 \pm 264	449 \pm 118	321 \pm 178	262 \pm 147
Tolstolobik bílý		1758 \pm 576	2586 \pm 8940	1407 \pm 492	1057 \pm 456	350 \pm 171	584 \pm 237	477 \pm 210
Amur bílý		1375 \pm 427	2180 \pm 776	1500 \pm 448	949 \pm 530	550 \pm 124	188 \pm 52	119 \pm 31
Lín obecný	Polointenzivní chov	1049 \pm 275	1669 \pm 446	1149 \pm 185	656 \pm 105	492 \pm 81	375 \pm 71	319 \pm 60
	Extenzivní chov	820 \pm 275	1213 \pm 446	1041 \pm 185	703 \pm 105	338 \pm 81	410 \pm 71	356 \pm 60
Sumec velký	Extenzivní chov	572 \pm 345	1122 \pm 786	580 \pm 276	409 \pm 204	171 \pm 89	309 \pm 149	256 \pm 119
	Intenzivní chov	779 \pm 293	1367 \pm 702	1224 \pm 386	808 \pm 198	416 \pm 250	720 \pm 185	440 \pm 120
Candát obecný		183 \pm 26	152 \pm 17	336 \pm 39	260 \pm 30	75 \pm 9	224 \pm 28	195 \pm 24
Okoun říční		208 \pm 12	116 \pm 8	333 \pm 22	248 \pm 21	84 \pm 5	238 \pm 23	219 \pm 23
Štika obecná		160 \pm 28	141 \pm 60	301 \pm 21	204 \pm 16	96 \pm 12	186 \pm 12	168 \pm 9
Cejn malý		1059 \pm 79	2356 \pm 189	1280 \pm 143	496 \pm 41	784 \pm 111	357 \pm 33	301 \pm 28
Sih peled'	Extenzivní chov	1220 \pm 252	1121 \pm 252	1911 \pm 455	1592 \pm 368	318 \pm 87	1188 \pm 270	1048 \pm 233
	Intenzivní chov	1751 \pm 373	3540 \pm 823	2513 \pm 527	1702 \pm 365	811 \pm 168	1505 \pm 323	1384 \pm 284
Ostroretka stěhovavá		996 \pm 230	1581 \pm 488	1347 \pm 371	941 \pm 290	405 \pm 375	827 \pm 301	713 \pm 274
Jelec tloušť		787 \pm 48	1271 \pm 87	1196 \pm 27	635 \pm 28	561 \pm 25	459 \pm 28	377 \pm 22
Pstruh obecný		712 \pm 288	1417 \pm 394	786 \pm 301	402 \pm 134	384 \pm 180	315 \pm 103	257 \pm 85
Pstruh duhový	Extenzivní chov	531 \pm 76	897 \pm 256	623 \pm 113	220 \pm 62	402 \pm 62	191 \pm 62	176 \pm 58
	Intenzivní chov	1217 \pm 240	2322 \pm 295	2697 \pm 346	930 \pm 106	1766 \pm 243	710 \pm 89	637 \pm 77
Lipan podhorní		641 \pm 295	738 \pm 287	425 \pm 100	359 \pm 49	65 \pm 63	320 \pm 37	295 \pm 31
Cejn velký		459 \pm 252	735 \pm 493	602 \pm 235	366 \pm 235	235 \pm 102	323 \pm 145	275 \pm 133
Karas stříbrný		285 \pm 111	298 \pm 151	387 \pm 67	275 \pm 65	112 \pm 10	250 \pm 64	221 \pm 56
Siven americký		2022 \pm 571	2904 \pm 769	3752 \pm 891	2346 \pm 529	1406 \pm 362	1914 \pm 444	1442 \pm 309
Tlamoun nilský		1131 \pm 384	1252 \pm 367	664 \pm 164	250 \pm 47	414 \pm 125	208 \pm 34	156 \pm 22
Keříčkovec červenolemý		786 \pm 116	832 \pm 137	897 \pm 167	548 \pm 110	348 \pm 56	498 \pm 99	451 \pm 86

11 Abstrakt

Konzumace rybího masa v České republice je na velice nízké úrovni. Jeden z možných faktorů, který tuto skutečnost ovlivňuje je nízká informovanost zákazníka neboli konzumenta. Diplomová práce „Kvalita lipidů našich hospodářsky významných druhů ryb“ pracuje se seznamem devatenácti hospodářsky nejvýznamnějších druhů ryb, do kterých byly zařazeny i ryby nejen z rybníčního obhospodařování a intenzivních chovů, ale i takové druhy, které jsou zajímavé pro konzumaci z pohledu sportovních rybářů.

Odebrané vzorky jednotlivých ryb byly primárně použity pro analýzy obsahu tuku a kompozice mastných kyselin. Tím došlo k vytvoření velice zajímavých výsledků v této oblasti a vytvoření podkladů pro další analýzy jako je stanovení aterogenního a trombogenního indexu či sestavení tabulky nutričních hodnot zmíněných jako „Big 7“ (obsah tuku a z něj podíl nasycených mastných kyselin, obsah sacharidů a z nich podíl cukrů, obsah bílkovin, obsah soli a energetická hodnota) u jednotlivých druhů ryb dle nařízení ES 1169/2011.

Výsledky této práce potvrdily, že obsah tuku a jeho kompozice je vysoce ovlivněn druhem přijímané potravy. Ryby chované polointenzivním způsobem s největším obsahem tuku jsou kapr obecný ($7,62 \pm 2,9$ %) a tolstolobik bílý ($6,87 \pm 1,37$ %). Naproti tomu ryby dravé vykazovaly zastoupení tuku zpravidla do 1 %. Ryby z extenzivních chovů nebo druhy sportovně ulovené jsou v obsahu tuku vyrovnanější. Nejtučnější rybou z této skupiny je cejnek malý ($5,52 \pm 0,44$ %) a nejnižší obsah vykazoval karas stříbřitý ($1,14 \pm 0,38$ %). Byly rovněž porovnávány druhy chované v akvakultuře a zároveň vyskytující se ve volných vodách (kapr obecný, pstruh duhový, síh peled', lín obecný, sumec velký). Kompozice mastných kyselin je významně závislá na obsahu tuku. Ryby dravé obsahují $195 - 219 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$, signifikantně nejvíce ($p < 0,05$) pak bylo zjištěno u síha peledě z extenzivního chovu ($1048 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ EPA + DHA). Podíl SFA byl u většiny ryb pod 30 %, obsah MUFA byl nejvyšší u kapra obecného ($52,71 \pm 7,75$ %), nejméně obsahoval okoun říční ($18,83 \pm 1,12$ %). Štika obecná, candát obecný a okoun říční obsahují relativně nejvíce PUFA, a to přes 50 %.

Všechny druhy ryb (s výjimkou tlamouna nilského) v této studii vykazují hodnoty aterogenního indexu pod 0,5 a trombogenního indexu pod 0,4.

Z výsledků nutričních hodnot uváděných do seznamu „Big 7“ byla vypočtena celková energetická hodnota. Vyšší energetická hodnota je přímo úměrná zvyšujícímu se obsahu tuku. Rybí druhy zahrnuté do této diplomové práce vykazují celkovou energetickou hodnotu v rozmezí 500 – 900 kJ×100 g⁻¹. Výsledky studie přinášejí ucelené, laboratorně potvrzené informace o nutričním složení našich ryb. Tato data mohou sloužit nejen ke zvýšení informovanosti zákazníků, ale zejména je předpoklad jejich využití chovateli a zpracovateli ryb coby nástroje pro naplnění povinnosti uvádět nutriční údaje na svých výrobcích dle ES 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům.

Klíčová slova: bílkoviny, DHA, energetická hodnota, EPA, konzumace, mastné kyseliny, MUFA, nutriční hodnota, PUFA, sacharidy, SFA, soli, tuk

12 Abstract

The level of fish consumption in the Czech Republic is very low. One of the possible factors influencing this situation is low awareness of the customer or consumer. The thesis “The Lipid Quality of our economically significant fish species” works with the list of nineteen economically most significant fish species not only including fish from the semi-intensive and intensive breeding, but also such species that are interesting for the consumption from the sport fishing point of view.

The samples taken from particular fish were primarily used for the analysis of the fat content and fatty acid composition. The analysis established very interesting results in this field and created basis for further analysis for establishing atherogenic and thrombogenic index or for formation of nutritive values mentioned as “Big 7” (fat content and the ratio of fatty acid out of it, sacharide content and the sugar ratio in it, protein content, ash content and energy value) by particular fish species according to the regulation ES 1169/2011.

The results of this work confirmed that the fat content and its composition are highly influenced by the type of ingested nourishment. The fish bred in semi-intensive way with the highest fat content are Common carp ($7,62 \pm 2,9$ %) and Silver carp ($6,87 \pm 1,37$ %). On the contrary the predatory fish evinced the fat content usually within 1%. The fish from extensive breeding or the types caught in sport fishing are in the fat content more balanced. The fattest fish in this group is Silver Bream ($5,52 \pm 0,44$ %) and the lowest content evinced Goldfish ($1,14 \pm 0,38$ %). Also the species living in the aquaculture and living in the free waters as well were compared (Common carp, Rainbow trout, Peled, Tench, Wels catfish). The fatty acid composition significantly depends on the fat content. The predatory fish contain $195 - 219 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$, the most ($p < 0,05$) was found by the peled from the extensive breed ($1048 \text{ mg} \times 100 \text{ g}^{-1}$ EPA + DHA). The participation of SFA by the most of the fish was under 30%, the content of MUFA was the highest by the Common carp ($52,71 \pm 7,75$ %), the lowest by the European perch ($18,83 \pm 1,12$ %). Pike, Zander and European perch contain relatively the most of PUFA, this is over 50%.

All the fish species (Nile tilapia excluded) show in this study the values of atherogenic index below 0,5 and thrombogenic index below 0,4.

The total energetic value was counted from the results of nutritional values presented in the “Big 7” list. The higher energetic value is directly proportional to the increasing fat

content. The fish species included in this thesis show the total energetic value in the range of 500 – 900 kJ×100 g⁻¹. The results of this study bring complete, laboratory proven information about the nutrition composition of our fish. This data can be applicable not only to increase the knowledge of the customers but mainly to be used by breeders and manufacturers of fish as an implement of fulfilling the duty of stating the nutrition facts on their products according to ES 1169/2011 on the providing information about the eatables to the consumers.

Key words: Ash, consumption, DHA, energy value, EPA, fat, fatty acids, MUFA, nutritional value, protein, PUFA, sacharide, SFA