

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury/výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický

Diplomová práce

Posouzení vlivu výživy a technologie chovu na změny v kvalitě masa Lína obecného (*Tinca tinca*)

Autor: Bc. Josef Příborský

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.

Místo a rok odevzdání: České Budějovice, 2010

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybářství a ochrany vod
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef PŘÍBORSKÝ**
Osobní číslo: **V09N017P**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybářství**
Název tématu: **Posouzení vlivu výživy a technologie chovu na změny
v kvalitě masa Lína obecného (*Tinca tinca*)**
Zadávací katedra: **Ústav akvakultury**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Rybí svalovina je z dietického hlediska pokládána za jednu z nejkvalitnějších a nejvíce cenných potravin živočišného původu. Hlavním předpokladem udržení její nutriční a biologické hodnoty je především detailnější znalost o obsahu biologicky aktivních látek ve svalovině. V práci bude stanoveno spektrum polynenasycených mastných kyselin, výtěžnost rybího masa, základní nutriční hodnoty rybího masa.

Cíle:

Hodnocení vazby krmných zdrojů na nutriční složení masa Lína obecného (*Tinca tinca*).
Zhodnotit vliv technologických zásahů na zastoupení mastných kyselin ve svalovině.

Rozsah grafických prací: **10 tabulek a grafů**
Rozsah pracovní zprávy: **35 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Halver, Fish Nutrition

Hall, G., M.: Fish Processing Technology. Glasgow, Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, 1994, 309s.

Clucas, I. J., Ward, A. R.: Post - harvest Fisheries Development: A Guide to Handling, Preservation, Processing and quality. Chatman maritime, Kent, 1996, 443s.

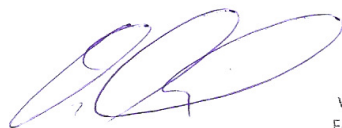
Vácha, F.: Zpracování ryb, skriptum JU ZF Č. Budějovice 2000, 104 s.

Velíšek, J.: Chemie potravin. OSSIS Tábor, 2002, soubor 3 knih.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.**
Ústav akvakultury

Datum zadání diplomové práce: **29. ledna 2009**

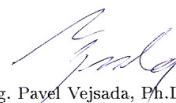
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2010**



prof. Ing. Otomar Linhart, DrSc.

děkan

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



Ing. Pavel Vejsada, Ph.D.

ředitel

Ve Vodňanech dne 2. března 2009

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci na téma „Posouzení vlivu výživy a technologie chovu na změny v kvalitě masa Lína obecného (Tinca tinca)“ 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 případně v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných FROV JU (viz. opatření rektora R 83). Zveřejnění je elektronickou formou v databázi STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum:

Podpis studenta:

Děkuji Ing. Pavlu Vejsadovi, Ph.D, za výběr tématu, pomoc a vedení při zpracovávání této diplomové práce, za konzultace a důležité připomínky.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 LITERÁRNÍ ČÁST	10
2.1 Technologie chovu a výživa lína obecného (<i>Tinca tinca</i>)	10
2.2 Chemické složení těla ryb	13
2.3 Lipidy	16
2.3.1 Dělení lipidů	17
2.3.2 Trávení a metabolismus lipidů.....	17
2.4 Tuky a jejich struktura	20
2.5 Charakteristika, struktura a rozdělení mastných kyselin	20
2.6 Rozdělení PUFA podle charakteru uhlíkového řetězce	25
2.7 PUFA v tuku lína obecného	26
2.8 Ovlivnění zastoupení mastných kyselin v lipidech ryb	27
2.9 Nasycenost ryb a poměr n-3 a n-6 PUFA	29
2.10 Zdravotní účinky PUFA v rybím mase ve výživě člověka	30
3 MATERIÁL A METODIKA	32
3.1 Testované ryby – Lín obecný (<i>Tinca tinca</i>)	32
3.1.1 Intenzivní odchov lína obecného	32
3.1.2 Extenzivní odchov lína obecného	33
3.2 Odběr vzorků	33
3.3 Stanovení výtěžnosti	34
3.4 Chemické analýzy	35
3.4.1 Analýza lipidů a mastných kyselin	35
3.5 Statistické vyhodnocení	37
4 VÝSLEDKY	38
4.1 Parametry chovu	38
4.2 Výtěžnost	38
4.3 Chemické složení	41
4.3.1 Obsah sušiny	42
4.3.1 Obsah hrubého proteinu	43
4.3.2 Obsah hrubého tuku	43
4.3.3 Obsah popelovin	44
4.3.4 Obsah a zastoupení mastných kyselin.....	45
5 DISKUZE	53
6 ZÁVĚR	60
7 POUŽITÁ LITERATURA	62
SEZNAM TABULEK	71

SEZNAM GRAFŮ	72
SEZNAM OBRÁZKŮ	72
PŘÍLOHY	

1 ÚVOD

Téměř polovina celosvětově konzumovaných ryb pochází z rybochovných farem, spíše než odlovených z volné přírody, což je prokázáno statistikami FAO. Kaprovité ryby jsou chovány již od pradávna a v současnosti jsou ve světovém měřítku jednou z nejdůležitějších chovaných ryb. Rybí svalovina je z dietetického hlediska pokládána za jednu z nejkvalitnějších a nejvíce ceněných potravin živočišného původu.

Ryby jsou důležitým zdrojem esenciálních mastných kyselin pro lidskou výživu. Obecně je známo, že ryby obsahují mnoho n-3 polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Pokud tyto kyseliny nejsou obsaženy v přijímaném krmivu, tak ryby z intenzivních systémů n-3 PUFA neobsahují. Složení mastných kyselin se může u ryb z rybníků značně měnit a silně závisí na přijaté potravě. Mnoho výzkumů prokázalo, že u kaprovitých ryb zapříčiní různé metody chovu a krmení značné změny poměrů n-6 a n-3 PUFA. Složení mastných kyselin ryb je značně ovlivněné skladbou lipidů jejich přirozené potravy. Přirozená potrava je pro mnoho druhů ryb bohatá na n-3 PUFA.

Vzhledem k tomu, že rozdílné metody chovu a krmení mohou ovlivňovat složení mastných kyselin chovných ryb, je možné produkovat rybu mající vysokou výživnou hodnotu. Mimo kvantitativní složení tuku v potravě ovlivňují také jakost produktu jeho kvalitativní vlastnosti.

Zdravotní prospěšnost konzumace ryb je dána jejich nutriční hodnotou. Jednou z největších předností je biologická hodnota tuku, která se vyznačuje vysokým obsahem PUFA a zejména kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA). Většina Evropanů při současných potravních zvyklostech získává ve své potravě dostatečné množství n-6 PUFA, naopak je tomu u n-3 PUFA, kdy je příjem těchto mastných kyselin většinou nedostatečný, což vede ke zvýšenému riziku kardiovaskulárních onemocnění i jiných civilizačních chorob. Tyto PUFA jsou pro lidský organismus důležité už od vývoje plodu, ale také v dětství a dále po celý další zbytek života. Potraviny obsahující vyšší podíl PUFA snižují hladinu cholesterolu.

Vyšší spotřeba ryb je jednou z možností, jak lze zlepšit na základě vhodného složení potravin i náš zdravotní stav. Rozšířením našeho jídelníčku o 2 porce ryb týdně za účelem prevence se tato spotřeba může zvýšit. Ke konzumaci jsou doporučovány především ryby málo a středně tučné a lín obecný mezi tyto ryby patří.

Lín obecný představuje znamenitý zdroj bílkovin, složených převážně z esenciálních aminokyselin, o nízkém obsahu tuku. Ve 100 g porce lína je obsaženo zhruba 20 g vysoce kvalitních a dobře stravitelných bílkovin, což představuje zhruba jednu třetinu denního doporučeného příjmu. Lín zároveň obsahuje větší množství minerálních látek (železo, zinek, vápník).

Hlavním předpokladem udržení nutriční a biologické hodnoty rybí svaloviny je především detailnější znalost o obsahu biologicky aktivních látek ve svalovině. Cílem této práce bylo určit dopad krmiva (přirozené potravy a komerčního krmiva) na chemické složení a profil mastných kyselin v mase línů. Touto prací bylo určit rozdíly mezi kvantitativním a kvalitativním složením mastných kyselin ve filetech a celkovým množstvím nasycených (SFA), mononenasycených (MUFA), n-3 a n-6 polynenasycených mastných kyselin (PUFA) a jejich poměru (n-6/n-3), výtěžností rybího masa, základní nutriční hodnotou rybího masa mezi extenzivně a intenzivně chovaným línem identické genetické specifikace, ve vztahu k pohlaví – samice v závislosti na samci.

2 LITERÁRNÍ ČÁST

2.1 Technologie chovu a výživa lína obecného (*Tinca tinca*)

Lín (*Tinca tinca* Linnaeus, 1758) je sladkovodní ryba patřící rodině Cyprinidae, která má ve sladkovodní akvakultuře ohromný potenciál (KAMLER ET AL., 2006; WOLNICKI ET AL., 2006). QUIRÓS ET AL. (2003) doplňují, že je lín bentofágní, všežravý druh se zájmem v evropském rybníkářství. V Evropském rybníkářství má lín historii už od dob středověku. V současnosti jsou obvykle mladí jedinci odchováváni v extenzivních či polointenzivních systémech v zemních rybnících, kde je obtížný dohled a management ryb. Navíc jsou výsledky nepředvídatelné, jelikož jim často nahrává vysoká úmrtnost či pomalý růst (STEFFENS, 1995).

V přirozených ekosystémech konzumují ryby přirozenou potravu. Jde o potravní zdroje, které se vytvářejí v povrchových vodách přirozeným vývojem. Ryby jsou pouhou součástí potravního řetězce (DUBSKÝ ET AL., 2003).

Lín (*Tinca tinca*) je důležitý rybí druh chovaný v polykulturách českých rybníků, které jsou obvykle orientované na kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Výsledky produkce lína silně závisí na hustotě obsádky kapra. V rybnících, kde se zvýšila intenzita chovu kapra, může mít dokonce za následek vymizení lína. Všeobecně se však věří, že polykultura těchto rybích druhů v rybníku může přinést zvýšený výnos, z důvodu lepšího využití přirozených potravních zdrojů (JANEČEK ET AL., 1988).

Přirozená potrava představuje poměrně levné, ale přitom vysoce hodnotné krmivo, obsahující všechny živiny a specificky účinné látky ve správném poměru a lehce resorbovatelné formě (ČÍTEK ET AL., 1998), zcela postačující k plnohodnotnému vývoji, růstu, rozmnožování ryb a vyznačující se vyváženým poměrem živin a vysokým obsahem bílkovin (obsah v sušině u drobných vodních bezobratlých 55 – 70%, u fytoplanktonu 40 – 60%). Důležitá je přítomnost esenciálních aminokyselin, jelikož se při trávení uplatňují enzymy přijaté v potravě (autolytické enzymy) (DUBSKÝ ET AL., 2003). Potrava lína se převážně sestávala ze zooplanktonu (43.8%) a sedimentů dna (21.2%) (ADÁMEK ET AL., 2003).

Nedravé ryby patří mezi konzumenty I. a II. řádu. Živí se drobnými vodními bezobratlými, méně rostlinnými zbytky a detritem. Váčekový plůdek přijímá prachový

zooplankton (vířníky, nauplia buchanek), ten hraje v této fázi vývoje velmi důležitou a často nenahraditelnou roli (DUBSKÝ ET AL., 2003). V druhé polovině vegetačního období prvního roku odchovu podle ČÍTEK ET AL. (1998) nacházíme v jeho střevě hojně zastoupeny larvy pakomárů, od druhého roku života projevuje větší sklon ke konzumu bentosu, kdy se v potravě objevují dle DUBSKÝ ET AL. (2003) larvy hmyzu, nitěnky červi, měkkýši.

HANEL; LUSK (2005) uvádí z největšího podílu zastoupení v potravě línů hlavně larvy hmyzu, máloštětinatce, korýše, měkkýše a z planktonu perloočky a buchanky. Podle KUBŮ; KOUŘIL (1985) lín konzumuje plankton (střední a větší perloočky, buchanky) a bentos (nejlépe pakomáří larvy) ale jejich proporce závisí především na jejich dostupnosti v prostředí.

ADÁMEK ET AL. (2003) ve své studii uvádějí přehled složek přirozené potravy u lína obecného v procentuálním množství potravy a četnosti výskytu viz. Tab. 1.

Pro chované larvy lína může být jako jediné úspěšné potravy použito živých nauplií artemií (CELADA ET AL., 2007).

Ve stanovisku PEKAŘ; KRUPAUER (1968), lín vykázal poněkud vyšší přizpůsobivost potravinovým změnám ve srovnání s kaprem.

Využití krmiv ve výživě ryb označil ČÍTEK ET AL. (1998) jako přímý intenzifikační faktor, protože přinášejí přírůstek rybího masa jejich vlastní spotřebou. Krmení ryb je vlastně předkládání krmiv rybám za účelem dosažení vysoké produkce. Krmiv se využívá nejvíce v chovech kapra. V polykulturách by se však mělo počítat s konzumem krmiv i jinými druhy chovaných ryb (lín), kdy nemusí být jejich využití vždy efektivní. Lín také konzumuje krmiva předkládaná kaprům, ale s menší intenzitou. (DUBSKÝ ET AL., 2003), v komerčním měřítku je také možným kandidátem jako doplňková ryba k pstruhu duhovému (QUIRÓS ET AL., 2003).

V současnosti nejsou dostatečné znalosti o výživě lína, což nutí používat formulované krmiva pro jiné druhy ryb. Avšak lín krměný pouze suchým komerčním krmivem redukcí svého růstu vykázal jen mimořádně (QUIRÓS ET AL., 2003) a zvýšil se výskyt tělesných deformací (WOLNICKI ET AL., 2006), pravděpodobně odezva na nevhodné krmivo.

Při intenzívních způsobech chovu dochází k podstatnému omezení či vyloučení přirozené potravy, proto je nezbytný přísun potřebných živin pro růst obsažených v hodnotných krmivech (ČÍTEK ET AL., 1998).

Tab. 1. Přehled složení potravy u lína v procentuální množství potravy a četnost výskytu (ADÁMEK ET AL., 2003)

Přirozená potrava	Množství	Četnost
Rostlinná potrava		
Fytoplankton	3.1	55
Lemnaceae	1.0	34
Zooplankton + nekton		
<i>Keratella</i>	0.4	3
<i>Brachionus</i>	+	3
<i>Asplanchna</i>	+	3
<i>Oligochaeta aquatica</i>	1.4	17
Bryozoa	14.7	34
<i>Daphnia</i>	35.5	76
<i>Ceriodaphnia</i>	+	7
<i>Chydorus</i>	+	3
<i>Bosmina longirostris</i>	1.0	31
<i>Moina</i>	+	7
<i>Scapholeberis</i>	+	3
<i>Alona</i>	+	3
<i>Copepoda</i>	7.3	55
<i>Corixa affinis</i>	8.2	55
<i>Notonecta glauca</i>	-	-
Zoobentos		
<i>Oligochaeta aquatica</i>	1.4	17
Bryozoa	14.7	34
Ostracoda	+	7
<i>Naucoris cimicoides</i>	0.1	3
<i>Cloeon dipterum</i>	+	3
Limnephilidae	0.6	7
<i>Sialis lutaria</i>	-	-
Coleoptera aquatica larva	+	3
Chironomidae	4.6	62
Ceratopogonidae	0.3	3
Limoniidae	-	-
<i>Bezia</i>	+	3
Varia		
<i>Oligochaeta terrestrica</i>	-	-
Insecta terrestrica	0.6	7
Rostlinné zbytky	13.5	79
Detritus	7.7	31
Údaje o rybách		
Počet ryb		27
Poměr délky střeva (%)		93.8 ± 8.3

+ = <0.5 %, - = absence

Podle QUIRÓS ET AL. (2003) může být zlepšeno přežití a růst lína přidáváním přirozené potravy (*Daphnia* sp.) k suché dietě a podle WOLNICKI ET AL. (2003) se pozitivně prokázalo, že doplnění suché diety o mražené larvy hmyzu ovlivnilo růst juvenilního lína.

Při intenzivních způsobech chovu dochází k podstatnému omezení či vyloučení přirozené potravy, proto je nezbytný přísun potřebných živin pro růst obsažených v hodnotných krmivech (ČÍTEK ET AL., 1998). Podle QUIRÓS ET AL. (2003) může být zlepšeno přežití a růst lína přidáváním přirozené potravy (*Daphnia* sp.) k suché dietě a podle WOLNICKI ET AL. (2003) se pozitivně prokázalo, že doplnění suché diety o mražené larvy hmyzu ovlivnilo růst juvenilního lína.

Dosažený krmný koeficient je závislý na kvalitě krmiv, dodržování optimálních krmných dávek v závislosti na kvalitě vody, zdravotním stavu ryb, jejich genetickém založení a stáří ryb. V příjmu potravy je také patrná sezónní aktivita, nejvíce potravy je schopen zkonzumovat v předvýtěrovém období. Bývají aktivní ve dne, ale i v noci. Je všeobecně známo, že se zvyšujícím se věkem ryb se zvyšuje potřeba živin na pokrytí záchovné dávky a dosažený krmný koeficient se zvyšuje (DUBSKÝ ET AL., 2003).

2.2 Chemické složení těla ryb

Chemické složení závisí na hodnocení pouze čisté svaloviny, průměrného masa (včetně mezsvalového tuku a jiných tkání) nebo jatečně opracovaného kusu jako celek (PIPEK, 1998). V sušině jsou přítomny základní složky tělních tkání ryb, a to bílkoviny, tuky, minerální látky, a vitamíny. Sacharidů je v rybí svalovině obsaženo jen nepatrné množství (VÁCHA; BUCHTOVÁ, 2005). Obsah složek tělních tkání našich hlavních sladkovodních ryb je uveden v Tab. 2 a Tab. 3.

Červená rybí svalovina se skládá z vyššího obsahu myoglobinu, železa a mědi, nižšího obsahu proteinů nízké molekulové hmotnosti a vyššího obsahu lipidů a glykogenu. Světlá svalovina je bohatší na proteiny nízké molekulové hmotnosti, má více fosforu a síry a nižší obsah lipidů.

Chemické složení rybího masa je ovlivněno mnoha faktory, jako např. druh ryby, věk a pohlaví ryb, přírodní podmínky, složení krmiv, stadium pohlavního cyklu.

Tab. 2. Obsah hlavních živin ve 100g filetu s kůží lína obecného a dalších sladkovodních ryb v g, podle INGR (2004)

Druh ryby	Sušina	Bílkoviny	Tuk	Popeloviny
Sumec	25,2	18,3	5,8	0,9
Candát	20,4	17,5	1,2	0,9
Bolen	23,9	18,6	3,5	0,8
Štika	22,1	20,3	1,2	1,2
Okoun	25,0	17,0	1,9	5,9
Lín	23,5	18,9	2,5	1,8
Kapr	23,0	19,2	3,6	0,9
Cejn	22,6	17,4	3,1	1,8
Peleď	25,8	17,6	6,8	1,2
Bufalo	26,8	18,0	8,2	1,5
Tolstolobik	24,3	18,1	5,0	1,4
Amur	21,5	16,8	3,7	2,1

Tab. 3. Poživatelný podíl sladkovodních ryb a jeho složení (v g/100g živ. podílu), podle INGR (1994)

Druh ryby	Poživ. podíl (%)	kJ	voda g	bílk. g	tuk g	pop g	K mg	P mg	Ca mg	Mg mg	Fe mg	J mg
Úhoř	70	1252	61	13	26	1,0	247	166	19	43	0,6	4,0
Sumec	60	728	72	15	11	1,0	307	100	40	-	-	-
Kapr	55	632	72	19	7	1,3	264	220	-	15	1,0	3,2
Cejn	56	523	77	17	5	1,2	310	-	89	-	-	-
Pstruh	50	435	78	19	2	1,2	470	220	14	-	1,0	3,2
Štika	55	372	80	18	0,9	1,1	250	192	20	25	1,1	-
Okoun	38	372	80	18	0,8	1,3	233	198	20	-	-	-
Lín	40	355	77	18	0,8	1,8	245	156	31	18	0,8	-
Candát	50	393	78	19	0,7	1,2	237	194	27	18	1,4	-

Svalovina ryb je tvořena těmito hlavními složkami:

- a) **Bílkoviny** – jsou polymery aminokyselin, které vznikly proteosyntézou. Molekula běžně obsahuje více než sto aminokyselin vázaných peptidovou vazbou v nerozvětvené řetězce. Na molekuly bílkoviny se dále vážou molekuly vody a různé anorganické ionty, dále některé obsahují ještě fyzikálně a chemicky vázané organické sloučeniny, např. lipidy, cukry, nukleové kyseliny aj. (VELÍŠEK, 1999). V rybí svalovině nejčastěji kolísá mezi 15 – 20 %, ale u některých druhů jsou zjišťovány hodnoty pod 15 a nad 20 %. Rybí maso obsahuje málo vaziva mezi

svalovými vlákny a není v něm obsažen elastin, to umožňuje snadnou a rychlou úpravu (INGR, 2004).

- b) Lipidy** – jejich obsah je u ryb rozdílný, proto se ryby rozdělují (ŠMÍDOVÁ ET AL., 2007; INGR, 2004) do tří skupin:
- **málo tučné** – celkový obsah tuku ve svalovině činí méně než 2 % (štika, candát, okoun)
 - **středně tučné** – celkový obsah tuku ve svalovině kolísá od 2 do 10 % (pstruh, kapr, sumec, losos)
 - **tučné** – obsah tuku je nad 10 % (úhoř)
- c) Popeloviny** – obsah představuje 1 až 2 % požitelného podílu a jsou obsaženy zvláště v kostech (vápník a fosfor). Ryby jsou významným zdrojem draslíku a naopak mají (zejména sladkovodní ryby) nízký obsah sodíku, takže se mohou uplatnit v příslušných dietách (INGR, 2004).
- d) Vitamíny** – jsou pro člověka významné, zejména lipofilní (A, D) a hydrofobní (B komplex) vitamíny (INGR, 2004).

VÁCHA (2000) uvádí, že u sladkovodních a mořských ryb jsou rozdíly v chemickém složení velmi těsně spojeny s příjmem potravy a s pohlavními změnami v závislosti na výtěru ryb. Podle vlivu podmínek vnějšího prostředí (nedostatek dostupné potravy), ale též z fyziologických důvodů (migrace a výtěr) mohou ryby procházet obdobím hladovění. Výtěr vyžaduje vysoké zásoby energie, tyto jsou obvykle ve formě lipidů.

Ve svalovině bývá velice proměnlivý podíl intramuskulárního i zásobního tuku. V neposlední řadě jsou zřejmé i rozdíly v obsahu tuku mezi mladými jedinci oproti ostatním. Z těchto rozdílných hodnot vyplývá nejen vhodnost jednotlivých druhů masa pro danou dietu, ale také použití rozdílných technologií zpracování, např. možnost sušení ryb (PIPEK, 1998).

2.3 Lipidy

Podle VELÍŠKA (1999) se obvykle definují jako přírodní sloučeniny obsahující esterově vázané mastné kyseliny o více než třech atomech uhlíku v molekule. Mezi lipidy masa nejvíce převažují tuky (triacylglyceroly) zhruba 99 %, v malé míře jsou obsaženy heterolipidy (fosfolipidy) a dále cholesterol, což je sterol doprovázející tuky (INGR, 2003).

Lipidy jsou heterogenní velmi početná skupina sloučenin, jejichž společnou vlastností je hydrofobnost (schopnost odpuzovat vodu). Tato vlastnost, projevující se mimo jiné nerozpustností lipidů ve vodě, je způsobena přítomností velkých uhlovodíkových zbytků v jejich molekulách. Společným znakem je i dobrá rozpustnost v nepolárních organických rozpouštědlech (VACÍK, 1999).

Lipidy jsou pro svou vysokou energetickou hodnotu důležitou složkou potravy (MURRAY ET AL., 2001) a tvoří v lidské výživě jednu z hlavních živin nezbytnou pro zdraví a vývoj organismu (VELÍŠEK, 1999). Také jsou důležité svým obsahem esenciálních mastných kyselin a v tucích rozpustných vitaminů přirozené potravy. Lipidy tvoří s proteiny lipoproteiny, které jsou důležitou součástí buněčných a mitochondriálních membrán a transportují lipidy krví. Spolu s proteiny tvoří lipidy lipoproteiny, které jsou důležitou součástí buněčných a mitochondriálních membrán a umožňují transport lipidů krví. Nepolární lipidy vytváří elektrickou izolaci, která umožňuje rychlé šíření depolarizačních vln podél myelinisovaných nervových vláken (MURRAY ET AL., 2001).

Další význam lipidů:

- stavební složka buněk a nervového systému
- esenciální mastné kyseliny nezbytné pro funkci metabolismu
- zdroj a rezerva energie v organismu
- rozpouštědlo pro různé látky
- cholesterolu se tvoří steroidní hormony

2.3.1 Dělení lipidů

Mezi lipidy řadíme širší skupinu látek podobných fyzikálně chemických vlastností. Jsou to deriváty vyšších alifatických monokarboxylových kyselin (mastných kyselin) a alifatických nebo alicyklických hydroxy nebo aminosloučenin.

Lipidy u ryb se liší od lipidů savců tím, že obsahují až 40% mastných kyselin s dlouhým řetězcem o 14 až 22 atomech uhlíku, které jsou vysoce nenasycené. Tuk savců obvykle neobsahuje více než dvě dvojně vazby v jedné molekule tuku, kdežto zásobní tuk ryb obsahuje několik mastných kyselin s pěti nebo šesti dvojnými vazbami. U ryb jsou rozděleny do dvou hlavních skupin:

- A. Neutrální** – tvořené jednoduchými lipidy, především triacylglyceroly (dříve triglyceridy, zjednodušeně tuky či oleje) a vosky (KALAČ; ŠPIČKA, 2006). Slouží zejména jako zdroj a zásoba energie v tukových depozitech, obvykle tukových buňkách s fosfolipidovou membránou a menším obsahem kolagenu. Triacylglyceridy tvoří depotní tuk (VÁCHA, 2000). Na trojsytný alkohol glycerol v triacylglycerolech jsou esterově vázány tři mastné kyseliny, v glycerolfosfatidech jsou vázány jen dvě mastné kyseliny. Na třetí alkoholové skupině glycerolu je esterově vázána kyselina trihydrogenfosforečná. Tato sloučenina se nazývá kyselina fosfatidová. Na kyselinu fosforečnou je pak esterovou vazbou vázána hydroxyaminosloučenina (KALAČ; ŠPIČKA, 2006).
- B. Polární** – složené lipidy tvořené především fosfolipidy. VELÍŠEK (1999) dále také zahrnuje mnohé další heterolipidy. Především fungují jako stavební složky a podílejí se na vlastnostech buněčných membrán (KALAČ; ŠPIČKA, 2006).

Podle VELÍŠKA (1999) se s touto klasifikací lipidů nejčastěji setkáváme u biologicky orientovaných odborníků a systém třídění je hlavně založen na chování sloučenin při chromatografickém dělení.

2.3.2 Trávení a metabolismus lipidů

U ryb je obecně podobné trávení lipidů, vstřebávání a transport uvolněných složek jako u teplokrevných živočichů. Mezi rybami existují významné anatomické rozdíly (KALAČ; ŠPIČKA, 2006). Kaprovité ryby se řadí do skupiny ryb bez žaludu, to však nemá na trávení lipidů přímý vliv. DUBSKÝ ET AL. (2003) uvádí, že se kvalita

přijaté potraviny projevuje v rychlosti jejího trávení, kvalitnější přirozená potrava je trávena rychleji než náhradní, méně kvalitní zdroje (DUBSKÝ ET AL., 2003).

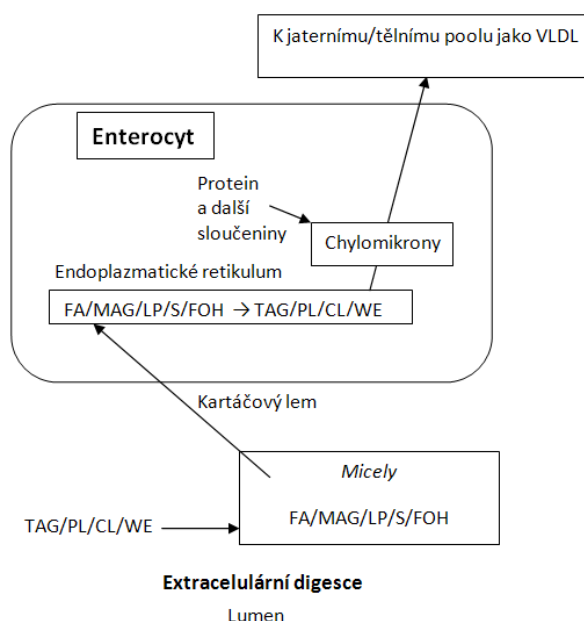
Nejdůležitější lipidy obsažené v rybích dietách jsou triacylglyceroly, estery vosků, cholesterol či estery cholesterolu, a fosfolipidy (HIGGS; DONG, 2000).

Neutrální tuky jsou emulgovány žlučí a štěpeny enzymem lipázou na monoglyceridy a z části až na glycerol a vyšší mastné kyseliny. Optimální působení lipázy je pH 8,4 – 8,7 (DUBSKÝ ET AL., 2003). Štěpení lipidů je nejvíce soustředěno v počáteční části trávicího traktu. Trávicí lipázy jsou nejvíce vytvářeny slinivkou nebo hepatopankreatem, ale mohou se vylučovat i sliznicí střeva (KALÁČ; ŠPIČKA, 2006; DUBSKÝ ET AL., 2003). GUILLAUME ET AL. (2001) uvádí, že všechny dosud známé lipolytické enzymy ryb (lipáza, kolipáza, fosfolipáza a esteráza) jsou produktem pankreatické žlázy.

Podle DUBSKÝ ET AL. (2003) je trávení tuků u ryb poměrně pomalé (fáze vstřebávání trvá více než 10 h) a stravitelnost tuků je vysoká (90 %). GUILLAUME ET AL. (2001) uvádí, že se stravitelnost tuků snižuje se vzrůstající délkou řetězce nasycených mastných kyselin, naopak stravitelnost olejů s bodem tání nižším než 0 °C zůstává téměř nezměněna (90 – 93 %).

Hlavním produktem trávení lipidů jsou volné mastné kyseliny (KALÁČ; ŠPIČKA, 2006). Lipáza začíná účinkovat až v přítomnosti kolipázy. S kolipázou vzniká ve vodném prostředí komplex s lipidovou micelou, čímž umožní její hydrolýzu. Narozdíl od vyšších obratlovců se lipáza ryb vyznačuje stejnou afinitou na všechny vazby mastných kyselin v triacylglycerolech, bez specifické preference na α -pozici. Působením pankreatických lipáz se tuky štěpí na volné mastné kyseliny, monoacylglycerol a glycerol (GUILLAUME ET AL., 2001). Micely (v průměru 3 až 6 nm) obsahující žlučové soli, monoacylglyceroly a velkou měrou nerozpuštěné mastné kyseliny dlouhých řetězců usnadňují těsný dotyk mezi produktem rozkladu trávení tuků a enterocyty (HENDERSON; TOCHER, 1987). Mastné kyseliny a monoacylglyceroly jsou pasivně vstřebávány tak, že se micely dotknou kartáčového lemu enterocytů a žlučovými solemi jsou uvolněny do střevního lumenu. Mastné kyseliny s krátkými řetězci se přímo vstřebávají bez přítomnosti žlučových solí (HORN, 1997). Mastné kyseliny a monoacylglyceroly jsou resyntetizovány na triacylglyceroly uvnitř epitelových buněk střeva. Poté jsou triacylglyceroly seskupeny s cholesterolem i fosfolipidy. Vytváří se chylomikra a lipoproteiny o velmi nízké hustotě, které jsou

rozpuštěné ve vodě a tím usnadňují další transport lipidů do jater (JELÍNEK; KOUDELKA., 2003). Zdá se, že se biologická dostupnost mastných kyselin mezi jednotlivými druhy může lišit a to kvůli délce řetězce mastné kyseliny a stupněm nasycení (HIGGS; DONG, 2000). Po vstřebání tuky slouží jako důležitý zdroj energie, která se uvolňuje jejich štěpením (DUBSKÝ ET AL., 2003). Volné mastné kyseliny jsou transportovány krví do tkání, kde jsou zdrojem energie. Trávení lipidů je blíže znázorněno na obrázku 1.



Obr. 1. Trávení lipidů u ryb podle RUSTA (2002) – Trávení je extracelulární s tvořením micel, které dopraví lipidy skrz kartáčový lem. TAG – triacylglycerol, PL – fosfolipid, CL – cholesterol, WE – estery vosků, FA – mastné kyseliny, MAG – monoacylglycerol, LP – lysofosfolipidy, S – Sterol, FOH – mastné alkoholy, VLDL – lipoproteiny o velmi nízké hustotě

Přebytky mastných kyselin jsou transportovány z jater a jsou uloženy ve formě zásobních tuků (v tukové břišní tkáni, ve světlé svalovině a v podkoží). Velké množství lipidů bývá uloženo v játrech (VAN DEN THILLART ET AL., 2002). Lipidy se z jater transportují do míst uložení ve formě lipoproteinů o velmi nízké hustotě (VLDL), lipoproteinů o nízké hustotě (LDL) nebo lipoproteinů o vysoké hustotě (HDL).

Zásobní tuk ve formě triacylglycerolů může být mobilizován po deesterifikaci (GUILLAUME ET AL., 2001). Pochody β -oxidace mastných kyselin, při kterých se uvolňuje potřebná energie, probíhají v mitochondriích a peroxisomech jater, srdce, světlých a tmavých svalů (VAN DEN THILLART ET AL., 2002). Je to energeticky nejefektivnější způsob procesu odbourávání mastných kyselin, který probíhá tak dlouho, dokud se celá mastná kyselina nerozloží na acetylové zbytky vázané na koenzym A (GUILLAUME ET AL., 2001).

2.4 Tuky a jejich struktura

Rybí tuky patří co do obsahu k nejproměnlivějším složkám rybí svaloviny. U většiny druhů ryb je tuk přítomný v různém množství ve svalové tkáni a také lokálně jsou uloženy pod kůží a ve vnitřnostech (VÁCHA; BUCHTOVÁ, 2005). Pro chuť a křehkost masa má veliký význam intramuskulární tuk rozmístěný mezi buňkami tkáně ve formě žilek, za tvorby tzv. mramorování masa. Zásobní tuk tvoří samostatnou tukovou tkáň. Tuk má v mase význam z hlediska senzorického, je nosičem řady arómových látek (PIPEK, 1998). Rybí tuky patří mezi vysoce specifické výživové složky ryb (VÁCHA; BUCHTOVÁ, 2005).

Tuky jsou nazývány triacylglyceroly nebo triglyceridy a jsou tvořeny třemi mastnými kyselinami, navázanými na glycerol (KELLY, 2001).

Obsah tuku v těle i ve svalovině se zvětšováním tělesné hmotnosti zvyšuje a je spojen s poklesem obsahu vody. To je obecně platným pravidlem u živých organismů a je to přímým důsledkem zvyšujících se možností tvorby tukových depozit se stoupajícím věkem. Existuje rovněž vliv vztahu velikost/růst při němž je různý obsah tuku u ryb stejného věku a různé velikosti. Platí, že jestliže je stimulován růst v určitém stadiu vývoje, jak u mladých, tak u tržních ryb, je doprovodným efektem zvýšení obsahu tuku v těle i ve svalovině. Krmivo je hlavním faktorem ovlivňujícím obsah tuku v těle (VÁCHA, 2000).

2.5 Charakteristika, struktura a rozdělení mastných kyselin

Mastné kyseliny jsou alifatické monokarboxylové kyseliny, získané hydrolyzou přirozených lipidů. Vyskytují se hlavně jako estery v přírodních tucích a olejích, ale mohou být přítomné v neesterifikované podobě jako volné mastné kyseliny, které jsou transportní formou přítomnou v krevní plazmě (MURRAY ET AL., 2001).

Mastné kyseliny jsou podle VELÍŠKA (1999) nejdůležitější a co se týče výživy nejvýznamnější složkou lipidů. Existuje jich velké množství, avšak základní strukturu mají společnou. Vždy se jedná o uhlíkatý řetězec s methylovou skupinou CH₃ na jednom konci a karboxylovou COOH skupinou na druhém konci (KELLY, 2001).

S výjimkou cholesterolu obsahují triacylglyceroly, estery vosků, fosfoglyceridy, sfingolipidy a steroly mastné kyseliny, esterifikující skupiny alkoholů v případě

glyceridů a aminoskupiny v případě sfingolipidů. Mastné kyseliny jsou odvozeny na základě délky jejich řetězců, mírou jejich nenasycenosti (množstvím dvojných vazeb) a pozice jejich dvojných vazeb. Takto: 14:0 a 16:0, lze označit mastné kyseliny s 14 a 16 atomy uhlíku a se žádnými dvojnými vazbami. Termíny 18:1 n-9 a 18:1 n-7 se označují mastné kyseliny s 18 atomy uhlíku, jejichž jednotlivé dvojně vazby jsou na 9 a 7 atomu uhlíku od methylového konce molekuly. Mastné kyseliny 18:1 n-9 a 18:1 n-7 jsou identické s označením 18:1^{Δ9} a 18:1^{Δ11}, Δ znamená pozici dvojných vazeb od karboxylového konce molekuly (SARGENT ET AL., 2002).

KELLY (2001) řadí mastné kyseliny podle stupně nasyčenosti (podle počtu dvojných vazeb) do dvou hlavních skupin, a to:

Nasyčené mastné kyseliny (SFA) – pokud mají plný počet vodíkových atomů (KELLY, 2001)

Tab. 4. Hlavní nasyčené mastné kyseliny (VELÍŠEK, 1999)

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	máselná
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	myristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová
dokosanová	22	behenová
tetrakosanová	24	lignocerová
hexakosanová	26	cerotová
oktakosanová	28	montanová
triakontanová	30	melissová
dotriakontanová	32	lakcerová

Nasyčené mastné kyseliny jsou běžnou složkou přírodních lipidů, obsahují 4 až 60 atomů uhlíku v řetězci, který je zpravidla rovný a nerozvětvený, nejčastěji o sudém počtu atomů uhlíku (VELÍŠEK, 1999). U zvířat včetně ryb se vyskytují s délkami řetězců v rozsahu od C₁₄ do C₂₄. Fosfoglyceridy jen zřídka obsahují významná množství nasyčených mastných kyselin jiných než 16:0, 18:0 a v malém rozsahu 20:0. Toto omezení odráží relativně neměnná geometrie (šířka) bohatých dvouvrstevných fosfoglyceridů, které tvoří buněčné membrány zvířat, zvláště plazmatických membrán a endoplazmatického retikula (SARGENT ET AL., 2002). Hlavní nasyčené kyseliny vyskytující se v lipidech jsou vyobrazeny v Tab. 4.

Nenasycené mastné kyseliny – pokud jsou některé vodíkové atomy nahrazeny dvojnými vazbami mezi uhlíkovými atomy. Když řetězec obsahuje jen jednu dvojnou vazbu, tak se kyselina nazývá mastná kyselina mononenasyčená (MUFA), v případě více dvojných vazeb jde o mastné kyseliny polynenasycené (PUFA) (KELLY, 2001).

a) Mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA)

Jsou to mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou a liší se navzájem podle počtů atomů uhlíku, polohy dvojně vazby a její prostorové konfigurace (VELÍŠEK, 1999). Hlavní zástupci monoenoových mastných kyselin vyskytující se v lipidech jsou uvedeny v Tab. 5.

Tyto mastné kyseliny se znovu přirozeně vyskytují s délkami řetězců od C₁₄ do C₂₄ a zřídka mají fosfoglyceridy délky řetězců jiné než C₁₆, C₁₈ a v menším rozsahu C₂₀. Hojně se vyskytující mastné kyseliny v mnoha rybích triacylglycerolech jsou 20:1 n-9 (kyselina gadolejová) a 22:1 n-11 (cetolejová kyselina). Ty jsou odvozené od příslušných 20:1 n-9 a 22:1 n-11 mastných alkoholů vyskytujících se v esterech vosků zooplanktonu (SARGENT ET AL., 2002).

Mononenasyčené mastné kyseliny jsou reprezentovány kyselinou olejovou, ta nepatří mezi esenciální, a tak je syntetizovaná všemi savci. Její dvojná vazba se nachází mezi 9 a 10 uhlíkem (SIMOPOULOS, 1991).

Tab. 5. Hlavní mononenasycené mastné kyseliny (VELÍŠEK, 1999)

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojných vazby	Izomer	Triviální název
decenová	10	4	<i>cis</i>	obtusilová
decenová	10	9	<i>cis</i>	kaprolejová
dodecenová	12	3	<i>cis</i>	linderová
dodecenová	12	9	<i>cis</i>	laurolejová
tetradecenová	14	4	<i>cis</i>	tsuzuová
tetradecenová	14	9	<i>cis</i>	miristolejová
hexadecenová	16	9	<i>cis</i>	palmitolejová
hexadecenová	16	9	<i>trans</i>	palmitelaidová
oktadecenová	18	6	<i>cis</i>	petroselová
oktadecenová	18	6	<i>trans</i>	petroselaidová
oktadecenová	18	9	<i>cis</i>	olejová
oktadecenová	18	9	<i>trans</i>	elaidová
oktadecenová	18	11	<i>trans</i>	vakcenová
Eikosanová	20	9	<i>cis</i>	gadolejová
eikosanová	20	11	<i>cis</i>	gondová
dokosenová	22	11	<i>cis</i>	cetolejová
dokosenová	22	13	<i>cis</i>	eruková
dokosenová	22	13	<i>trans</i>	brassidová
tetrakosenová	24	15	<i>cis</i>	selacholejová
hexakosenová	26	17	<i>cis</i>	ximenová
triakontenová	30	21	<i>cis</i>	limekvová

b) Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)

Mořské organismy, zvláště řasy, mohou obsahovat přemíru PUFA řetězců dlouhých C₁₆ (se dvěma až čtyřmi dvojnými vazbami), C₁₈ (se dvěma až pěti dvojnými vazbami), C₂₀ (se dvěma až pěti dvojnými vazbami) a C₂₂ (se dvěma až šesti dvojnými vazbami) (SARGENT ET AL., 1995). Mastné kyseliny této skupiny vyskytující se v lipidech (dienové, trienové a další polyenové mastné kyseliny) jsou vyneseny v Tab. 6. Z polyenových nenasycených mastných kyselin je nejběžnější linolová kyselina.

Sladkovodní ryby jsou schopné pomocí enzymů desaturáz a elongáz přeměňovat C-18 mastné kyseliny na C-20 a C-22 mastné kyseliny (STEFFENS; WIRTH, 2002).

Další běžně používaný termín je HUFA, zkratka pro vysoce nenasycené mastné kyseliny. Jedná se o často užívaný termín, který není řádně definován. SARGENT ET AL.

(2002) definují tento termín striktně jako PUFA mající délky uhlíkových řetězců C_{20} , se třemi nebo více dvojnými vazbami.

Tab. 6. Polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech (VELÍŠEK, 1999)

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku, poloha dvojných vazeb, izomerie	Triviální název
Dienové		
oktadekadienová	18, 9-12, cis-cis	linolová
oktadekadienová	18, 9-12, trans-trans	linoleaidová
eikosadienová	20, 11-14, cis-cis	
dokosadienová	22, 13-16, cis-cis	
Trienové		
oktadekatrienová	18, 9-12-15, all-cis	α -linolenová
oktadekatrienová	18, 6-9-12, all-cis	γ -linolenová
oktadekatrienová	18, 9-11-13, cis-trans-trans	α -eleostearová
oktadekatrienová	18, 9-11-13, trans-trans-trans	β -eleostearová
oktadekatrienová	18, 9-11-13, cis-cis-trans	puniková
eikosatrienová	20	dihomo- γ -linolenová
Tetraenové		
oktadekatetraenová	18, 4-8-12-15, all-cis	moroktová
oktadekatetraenová	18, 6-9-12-15, all-cis	stearidonová
oktadekatetraenová	18, 9-11-13-15, all-trans	β -parinarová
eikosatetraenová	20, 5-8-11-13, all-cis	arachidonová
dokosatetraenová	22, 7-10-13-16, all-cis	adrenová
Pentaenové		
eikosapentaenová	20, 5-8-11-14-17, all-cis	EPA
eikosapentaenová	20, 4-8-12-15-18, all-cis	timnodonová
dokosapentaenová	22, 7-10-13-16-19, all-cis	klupadonová
Hexaenové		
dokosahexaenová	22, 4-7-10-13-16-19, all-cis	DHA
tetrakosahexaenová	24, 4-8-12-15-18-21, all-cis	nisinová

c) **Mastné kyseliny s trojnými vazbami a s různými substituenty** (rozvětvené, cyklické, s kyslíkatými, sirnými nebo dusíkatými funkčními skupinami) (VELÍŠEK, 1999).

2.6 Rozdělení PUFA podle charakteru uhlíkového řetězce

Nenasycené mastné kyseliny ze všech rostlinných a většiny živočišných zdrojů zaujímají *cis* konfiguraci. *Trans* izomery mastných kyselin se však také vyskytují v potravě přirozeně, protože jsou tyto izomery vytvářeny působením bakterií v bacheru přežvýkavců a z přeměněné potravy se dostávají do depotního tuku (KELLY, 2001; SARGENT ET AL., 2002; VELÍŠEK, 1999). Polynenasycené mastné kyseliny, tj. mastné kyseliny se dvěma nebo více dvojnými vazbami, kde jsou dvojně vazby přerušeny jednotlivou methylenovou (CH₂) skupinou určené ke generování *cis*-dienových struktur (SARGENT ET AL., 2002). První dvojná vazba je na šestém nebo třetím uhlíku od methylového konce uhlíkového řetězce mastné kyseliny (VANCE; VANCE, 1991). Celá struktura je definována tím, že je specifikovaná pozici první dvojně vazby, stejně jako u 18:3 n-3, kde je první dvojná vazba tři atomy uhlíku od methylového konce. Jinak může být PUFA specifikovaná použitím Δ nomenklatury, jako u 18:3 ^{Δ 9,12,15} = 18:3 n-3, 20:5 ^{Δ 5,8,11,14,17} = 20:5 n-3 nebo 22:6 ^{Δ 4,7,10,13,16,19} = 22:6 n-3. Mastné kyseliny s *trans* konfigurací se vyskytují příležitostně (např.: kyselina elaidová, *trans* izomer 18:1 n-9) (SARGENT ET AL., 2002).

Tyto PUFA jsou obecně řady n-3, ačkoli se také vyskytují zástupci řady n-6 a v případě C₁₆ PUFA n-1. Nicméně jsou v rybách za hlavní PUFA považovaný 20:4 n-6 (kyselina arachidonová; AA), společně s 20:5 n-3 (kyselina eikosapentaenová; EPA) a 22:6 n-3 (kyselina dokosahexaenová; DHA) (SARGENT ET AL., 2002). Podle VANCE; VANCE (1991) je nejčastěji prekursorem n-6 řady kyselina linolová (LA) a n-3 řady kyselina linolenová (α -linolenová, ALA). PUFA vznikají transformací z LA a ALA pomocí enzymů elongáz a desaturáz (VANCE; VANCE, 1991).

SIMOPOULOS (1991) uvádí, že je kyselina gama-linolenová prekurzorem kyseliny arachidonové a kyselina alfa-linolenová může být přeměněna na kyselinu eikosapentaenovou a dokosahexaenovou. LA a ALA jsou esenciálními mastnými kyselinami, lidský organismus je nedokáže syntetizovat, a tudíž musí být přijímány potravou. Zástupci n-3 řady, kyselina eikosapentaenová (EPA) a kys. dokosahexaenová (DHA), jsou z hlediska kvalitativního složení velmi žádoucí (VANCE; VANCE, 1991). Přehled *cis* – nenasycených vyšších mastných kyselin je uveden v Tab. 7.

Tab. 7. Přehled cis – nenasycených vyšších mastných kyselin (KALAC; ŠPIČKA, 2006)

Schematický vzorec	Poloha dvojně vazby	Triviální název
řada n-6		
C 18:2 n-6	9,12	k.linolová
C 18:3 n-6	6,9,12	k.γ-linoleová
C 20:4 n-6	5,8,11,14	k.arachidonová
řada n-3		
C 18:3 n-3	9,12,15	k.α-linolenová
C 20:5 n-3	5,8,11,14,17	EPA
C 22:5 n-3	7,10,13,16,19	k.klupanodonová
C 22:6 n-3	4,7,10,13,16,19	DHA

Někteří bezobratlí živočichové, rostliny a mikroorganismy obsahují také stopová nebo dokonce značnější množství *trans* nenasycených mastných kyselin (VELÍŠEK, 1999). Lze je též připravit i umělým procesem, který se nazývá hydrogenace. Tím dochází k tzv. ztužení rostlinných a rybích olejů, které se pak většinou používají pro výrobu margarínů a tuků (KELLY, 2001; VELÍŠEK, 1999).

2.7 PUFA v tuku lína obecného

STEFFENS (1998) analyzoval složení mastných kyselin ve svalovině třech různých skupin lína obecného viz. Tab. 8.

Tab. 8. Obsah vybraných mastných kyselin (%) v triacylglycerolech masa lína živeného rozdílnou dietou

Mastná kyselina	Lín odchovaný na přirozené potravě v rybnících	Lín příkrmovaný v rybnících pšenicí	Lín krmný v rybnících peletami
18:3 n-3	7,4	6,3	2,1
20:5 n-3	2,9	3,7	3,8
22:6 n-3	1,2	1,3	6,1
18:2 n-6	9,7	9,4	6,2
20:4 n-6	2,4	1,9	0,6
∑ n-3	13,5	14,5	18,4
∑ n-6	13,8	12,8	8,5
∑ n-3/n-6	1,0	1,1	2,2

První skupina byla chována extenzivně, tj. krmivem byla pouze přirozená potrava, druhá skupina byla příkrmována pšenicí, tedy polointenzivní chov a třetí byla intenzivně odkrmována peletami. Největší obsah tuku, nejvyšší úroveň n-3 PUFA a nejnižší úroveň n-6 PUFA ve svalových triglyceridech a fosfolipidech vykazovala skupina odkrmovaná peletami v intenzivních podmínkách chovu.

2.8 Ovlivnění zastoupení mastných kyselin v lipidech ryb

Uváděné mezidruhové i vnitrodruhové kolísání v zastoupení mastných kyselin v lipidech ryb je způsobeno četnými faktory (KALAČ; ŠPIČKA, 2006). Existující vnitro a mezidruhová variabilita na úrovni mastných kyselin rybích lipidů (a konkrétně PUFA) je obvykle vysvětlená existencí velkého počtu vnějších faktorů (typ vodního prostředí, podmínky chovu a složení rybí obsádky, trofický aspekt – interakce, typ a složení diety, krmný režim a trávení, období roku – teplota vody) a vnitřních faktorů (druh ryby, stádium životního cyklu, kvantitativní a kvalitativní charakteristiky lipidů – triacylglycerolů, fosfolipidů a místa původu masa – hřbetní proti břišní části svalové tkáně) (BUCHTOVÁ ET AL., 2004; KALAČ; ŠPIČKA, 2006). V akvakultuře je velmi důležitým poznatkem, že vysoce kvalitní krmivo stimuluje růst, zkracuje dobu odchovu a zvyšuje obsah tuku (VÁCHA, 2000).

Tržní hodnota chovné ryby závisí velkou měrou na její kvalitě a složení krmiva je jedním z faktorů, které tuto kvalitu ovlivňují (MORRIS, 2001). Kaprovité ryby živící se planktonem jsou podle STEFFENS; WIRTH (1997) bohaté na kyseliny EPA a DHA a značným obsahem n-3 PUFA. Fytoplankton je původním zdrojem n-6 a n-3 mastných kyselin. Složení těchto mastných kyselin je v rybách prokazatelně závislé na složení tuků v přijímaném krmivu. Výskyt n-3 nenasycených mastných kyselin v potravě ryb je jedním z kritérií určujících nutriční hodnotu rybího masa (AHLGREEN ET AL., 1996). V přirozené potravě (fytoplanktonu, zooplanktonu) byl zjištěn vyšší procentuální podíl n-3 a n-6 mastných kyselin, než v obilninách. Hodnoty navíc kolísají poměrně výrazně během roku (GUO ET AL., 2007).

Zvýšení n-3 PUFA ve svalovině ryb je možné docílit dotací krmiv komponenty s vysokým obsahem těchto mastných kyselin, především různých olejů. Uspokojivých výsledků u kapra bylo dosaženo přidavkem rybího (STEFFENS ET AL., 1995; FRANCIS ET AL., 2006) nebo lněného oleje (KUKAČKA ET AL., 2009).

V současnosti je zájem o ovlivnění složení mastných kyselin a z nich vyplývajících modifikací chemických, organoleptických a sensorických vlastností rybích filet dietními oleji (TURCHINI ET AL., 2003).

Vysokoenergetické formulované krmivo může mít značný dopad na nejbližší složení ryby a ve skutečnosti, na výnosu z jeho požitelných částí. Ryba skladuje nadbytečnou energii z krmiva v první řadě jako depozitní tuk v různých částech těla v závislosti na druzích (JOBILING, 2001).

QUIRÓS; ALVARIÑO (1998) uvádí, že lín krmený formulovaným krmivem během celoročního cyklu obsahoval více tuku v hřbetní části postranního svalu, než ryba která nebyla krmená během zimy a krmila se směsí formulovaných krmiv a přirozené potravy (dvoukřídílí larev a *Daphnia* sp.) během zbývajících částí roku.

Stravitelnost tuků kladně ovlivňují autolytické enzymy obsažené v přirozené potravě (DUBSKÝ ET AL., 2003). Podle STEFFENS ET AL. (1998) byl obsah tuku svalů u lína živícího se přirozenou potravou 1,5 %, zatímco lína krmeného formulovaným krmivem byl 10,2 %. Složení lipidů však není fixní, ale mění se v závislosti na kvalitě potravy a ročním období.

VELÍŠEK (1999) ohlásil, že specifické elongázy a desaturázy jsou také negativně ovlivněny vyššími příjmy *trans*-nenasycených mastných kyselin a strukturními izomery přirozených nenasycených mastných kyselin v potravě, a některými jinými faktory jako např. věk, stres a virové infekce.

U ryb se v mírném pásu vyvinula schopnost přizpůsobovat se teplotním změnám vody. Jak se zjistilo u čtyř druhů kaprovitých ryb přizpůsobených teplotě vody pod 15 °C, specifická odezva určitého druhu ryby na vnější teplotu je nejdůležitějším faktorem řídícím fyzikálně chemické vlastnosti membrán v průběhu teplotní adaptace (ROY ET AL., 1999). Obsah celkových lipidů a složení jejich mastných kyselin se u sladkovodních ryb mírného pásu podstatně mění během období zimního hladovění. Obsah lipidů ve svalovině kapra obecného se pohyboval mezi 5,9 % až 5,0 % od léta do zimy, na jaře byl jen 2,1 %. Podobný vývoj byl zjištěn u jednotlivých skupin mastných kyselin. Poměr n-3/n-6 PUFA postupně klesal z 1,35 na jaře na 0,8 v zimě (KMÍNKOVÁ ET AL., 2001).

Vliv pohlaví na zastoupení mastných kyselin ve filetu kapra z podzimních výlovů se projevil jako nevýznamný (FAJMONOVÁ ET AL., 2003), naopak byly zjištěny průkazné rozdíly u diploidní populace lína obecného (BUCHTOVÁ ET AL., 2004).

Ukázalo se, že kvantitativní a kvalitativní složení mastných kyselin u línů může být ve specifických případech ovlivněno řadou endogenních faktorů. Příčina je prokázána (BUCHTOVÁ ET AL., 2003) rozdílnými poměry tělesného růstu lína v závislosti na úrovni ploidie, pohlaví (dimorfii) a věku, který v první řadě selektivně ovlivňuje kvalitativní a kvantitativní výběr potravy a produkuje metabolické procesy různé intenzity a možná i kvality v organismu, který ve specifických případech může vést k průkazným rozdílům ve složení intramuskulárních lipidů lína.

2.9 Nasycenost ryb a poměr n-3 a n-6 PUFA

Sladkovodní ryby mohou být hodnotným zdrojem esenciálních mastných kyselin. Ve srovnání s mořskými rybami obsahují sladkovodní druhy vyšší množství C₁₈ mastných kyselin, ale také značné koncentrace EPA a DHA kyselin. K tomu je složení charakteristické vysokým podílem n-6 PUFA, zejména kyseliny linolové a arachidonové. Proto je poměr n-3/n-6 mastných kyselin mnohem nižší u sladkovodních ryb než u mořských druhů, v rozsahu od 1 do 4 (STEFFENS, 1997).

Omezování příjmu potravy vedlo ke zvýšení poměru n-3/n-6, a to ve prospěch n-3 kyselin, zejména nenasycených mastných kyselin. Protože jsou n-3 kyseliny základem tvorby esenciálních mastných kyselin, vidíme, že snížení příjmu potravy na jednu třetinu nasycení je dostatečné pro spuštění mechanismu tvorby a zachování vysokého množství esenciálních mastných kyselin (RONDÁN ET AL., 2004).

Různé úrovně nasycení organismu některými dalšími živinami působí jak na zpětnou vazbu a jiné metabolické procesy, tak také na aktivitu odpovídajících enzymů (elongáza, Δ 4,5,6-desaturáza) a následně na syntézu jednotlivých PUFA a jejich dalších metabolických transformací. Aktivita těchto enzymů je negativně ovlivněná hlavně deficitem vitamínů B6 a H (biotinu) a minerály jako Zn, Mg a Ca. Vnitrozemská sladká voda obsahuje méně minerálů (zvláště Zn a Mg) než mořská voda, která může být teoretickým důvodem pro nižší hodnoty určitých PUFA ve sladkovodních rybích olejích (BUCHTOVÁ ET AL., 2004).

2.10 Zdravotní účinky PUFA v rybím masu ve výživě člověka

Rybí maso obsahuje kvalitní bílkoviny, malé množství nasycených tuků, železo a zinek. Ryby patří k hlavnímu zdroji omega-3, v jejich tuku je jich přes 30 % a vytváří si je z rostlinného planktonu. Rybí tuk obsahuje omega-3 ve formě účinných látek eikosapentaenové a dokosaheptaenové kyseliny (FREJ, 2004).

Omega-3 PUFA jsou důležité od početí, během vývoje plodu, v dětství i po celý další život (VYHNÁNKOVÁ, 2007). Vliv a působení SFA, MUFA (olejová kys.), n-3 a n-6 PUFA na lidský organismus schematicky popsala FIALOVÁ (2006) v Příloze IV.

DEMAISON; MOREAU (2002) udávají, že omega-3 zlepšuje rheologické parametry krve, snižuje tri-glyceridémie a cholesterolémie, snižuje schopnost agregace trombocytů, zlepšuje fibrolytickou aktivitu. Dle FREJ (2004) omega-3 v masu snižuje riziko nemocí srdce, snižuje riziko infarktu, chrání před arytmiemi, snižuje zánětlivost, je nezbytná pro činnost mozku a nervů, chrání endotel a udržuje pružné cévy, zlepšuje citlivost tkání na hormony. KINGSBURY ET AL. (1969) též upozornili na existenci vztahu mezi nedostatkem řady omega-3 PUFA a incidencí infarktu myokardu či ischemické choroby srdeční. Klinické testy prokázaly, že konzumace masa kaprovitých ryb má příznivý účinek na lidské zdraví, především prospívá osobám s kardiovaskulárními obtížemi (STEFFENS; WIRTH, 1997). Byl prokázán inhibiční vliv EPA a DHA na produkci LDL a na cholesterolémii (RUDIN, 1981). Ukázalo se, že příjem *trans*-MUFA (18:1*trans*) nepříznivě ovlivňuje poměr cholesterolu s nízkou (LDL) a vysokou (HDL) hustotou. Zvýšené hladiny cholesterolu s nízkou hustotou v krvi jsou rizikovým faktorem vzniku kardiovaskulárních onemocnění (KELLY, 2001). Rozšířená dieta o EPA a DHA v dávkách okolo 1 g denně průkazně snižuje riziko koronárních onemocnění (HARRIS, 2005).

Vzrůst oxidace mastných kyselin je charakteristický pro hladovění a diabetes mellitus a vede k produkci ketonových látek v játrech. Vede k hypoglykémii, jelikož je glukoneogeneze závislá na oxidaci mastných kyselin (MURRAY ET AL., 2001). Zvýšený podíl a porušení poměrů mezi MUFA a PUFA nebo PUFA řady omega-6/omega-3 vede ke snížení citlivosti na inzulin (MOUREK, 2007).

Dlouhodobá aplikace rybího oleje vede k průkaznému zlepšení imunitního systému, dokonce i u zdravých jedinců (HENRYK ET AL., 2005). Podle BARBER ET AL.

(2005) EPA ve vyšších dávkách pozitivně ovlivňuje imunitní systém (zkrácení průběhu zánětlivých procesů).

Krev schizofreniků (HORROBIN, 1996) a u lidí s Alzheimerovou chorobou (KYLE ET AL., 1999) byl zjištěn pokles v zastoupení kyseliny DHA v krevním séru. FARQUARSON ET AL. (1992) dokonce uvažuje o vztahu mezi přímým zastoupením DHA v CNS a schopností učit se, pamatovat si. V některých studiích se autoři domnívají, že omega-3 omezují či zpomalují karcinogenezi (PHILPOTT ET AL., 2004).

Minimum a optimální denní požadavek lidí u α -linolenové kyseliny je 0.3 – 0.4 g a 0.9 – 1.0 g, zatímco u n-3 PUFA jako EPA či DHA je 0.1 – 0.2 g a 0.3 – 0.4 g (STEFFENS; WIRTH, 2005).

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 Testované ryby – Lín obecný (*Tinca tinca*)

3.1.1 Intenzivní odchov lína obecného

Testované ryby byly získány z umělého výtěru. Zpočátku byl váčkový plůdek odchováván v rybníce, po dosažení průměrné hmotnosti okolo 0,5 g byli dále líni odloveni a přepraveni do laboratoře Výzkumného ústavu rybářského a hydrobiologického ve Vodňanech, oddělení akvakultury a hydrobiologie. Odchov se prováděl ve sklolaminátových nádržích připojených na recirkulační systém, kde byly chovány po dobu osmnácti měsíců. V tomto pokusu byli líni více než pět měsíců adaptováni na experimentální dietu a podmínky prostředí, přičemž byli krmeni stejnou potravou a drženi ve stejných podmínkách. Pro odkrm bylo použito experimentální granulované komerční krmivo od firmy TROPE a.s., Ratmírov s procentuálním obsahem látek viz. Tab. 9., se složením mastných kyselin viz. Tab. 10. Testované ryby byly sloveny 20. května 2008.

Tab. 9. Chemické složení krmiva

Obsah sušiny	92 %
Obsah dusíkatých sloučenin	26 %
Obsah tuku	5,3%
Obsah popelovin	4 %
Obsah vlákniny	2,7%

Tab. 10. Obsah mastných kyselin v tucích krmiva

Typ MK	Obsah
14:0	1.11
15:0	0.12
16:0	6.42
18:0	1.98
20:2	0.27
16:1	2.63
18:1n-9	31.07
18:1n-7	2.75
20:1n-9	4.71
22:1n-11	5.80
18:3n-3	3.97
20:4n-3	0.40
20:5n-3	3.90
22:5n-3	1.00
22:6n-3	5.79
18:2n-6	26.85
20:4n-6	0.28

Experimentální vybavení a jakost vody

Odchovný systém byl sestaven z nádrží o objemu využitelné kapacity 600 litrů, mechanického bubnového filtru (velikost 40 μm , IN-ECO Brno, Česká republika) a ze tří skrápěných filtrů (objem 5 m^3 , SDK, Zdislaw Dawidziak a Leszek Kopański, Polsko). Teplota vody byla pomocí termoregulátoru ustálena na 23.3 ± 0.5 °C (Meteoservis Vodňany, Česká republika). Voda byla v retenční nádrži okysličená sériemi kyslíkových difuzérů (WEDGE-LOCK_{TM}, Point Four Systems Inc., Kanada), tak aby byl pro každou nádrž zabezpečen přítok vody s rovnoměrným obsahem rozpuštěného kyslíku. Přitékající voda, ve snaze předejít dodatečné oxidaci v nádržích, byla pečlivě přivedena do experimentálních nádrží přes ponořené potrubí.

Koncentrace kyslíku u přítoku do nádrže neklesla pod 8.0 $\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ a u odtoku pod 4.8 $\text{mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$. Koncentrace celkového amoniakálního dusíku ($\text{TAN} = \text{NH}_4^+ \text{-N} + \text{NH}_3 \text{-N}$) na přítoku a odtoku nepřesahovala 0.29 a 0.68 $\text{mg TAN} \cdot \text{l}^{-1}$. Hladina pH vody dosahovala hodnot od 6.85 k 7.14. V průběhu experimentu se udržoval stálý průtok vody. Pro střídání dvanáctihodinových fotoperiod světla a tmy bylo aplikováno světlo o intenzitě 100 – 140 lx.

3.1.2 Extenzivní odchov lína obecného

Ryby byly odchovávány extenzivním produkčním systémem v zemních rybníčcích po dobu osmnácti měsíců. Vyhodnotila se hmotnost a výtěžnost ryb. Skladba extenzivně chovaných ryb, obdobně jako u intenzivně chovaných, se sestávala z línů stejného původu a věku.

Ryby byly krmeny pouze přirozenou potravou (plankton, bentos), bez jakéhokoliv příkrmování obilovinami. Líni byli odloveni 20. května 2008 a ohodnoceni shodným způsobem, jako u předchozí skupiny.

3.2 Odběr vzorků

Pro analytické rozbory bylo použito dvanáct ryb z každé kategorie. Ryby byly usmrceny, vykuchány a rozporcovány. Zaznamenala se celková hmotnost, hmotnost po vykuchání, váha vnitřností a gonád. Vzorky filet byly soustředěny do skupin podle pohlaví. Tyto vzorky byly odebrány z mediální části filetu, tak aby byl zastoupen podíl

hřbetní a břišní svaloviny. Vzorky byly homogenizovány a připraveny k chemickým analýzám.

3.3 Stanovení výtěžnosti

Výtěžnost byla stanovena z 20 kusů ryb z každé pokusné skupiny. Stanovení výtěžnosti vychází z norem ČSN 46 6802 -1989. Výtěžnost je poměr mezi hmotností jatečně opracovaného těla ryby a celkové hmotnosti.

Hmotnost těla = hmotnost ryby bez částí těla, které se do výtěžnosti nezapočítávají:

- u lipana podhorního, **lína obecného**, mníka jednovousého, sumečka skvrnitého, a úhoře říčního bez vnitřních orgánů

1) Stanovení hmotnosti jednotlivých částí těla se provede ihned po oddělení s přesností +/- 1g.

2) Nekontrolovatelné ztráty v průběhu stanovení výtěžnosti by neměly přesáhnout 1,5 % živé hmotnosti ryby.

Vzorky ryb pro stanovení výtěžnosti a stolní hodnoty se odebírají:

a) z ohraničené vodní plochy: pro zjištění jakosti se odebírají jednotlivé ryby výběrem tak, aby reprezentovaly průměrnou hodnotu ryb z téže vodní plochy. Odebírají se náhodným výběrem ryby stejného druhu popř. hmotnostní skupiny.

Z plochy do 100 ha nejméně 3 ryby

Z plochy nad 100 ha nejméně 5 ryb

b) ze pstruhového hospodářství: 3 až 5 ryb odchovaných jednotnou technologií a stejným krmivem

c) ze sádek: z každé sádky se odebírají nejméně 2 ryby stejného druhu, pokud z jedné vodní plochy jsou ryby sádkovány ve více sádkách, odebírá se z každé sádky 1 ryba, celkem nejvýše 4 ryby.

Výpočet výtěžnosti v % podle vzorce:

$$V = Ht / Hr * 100$$

- Ht = hmotnost těla
- Hr = hmotnost ryby

3.4 Chemické analýzy

Stanovili jsme čtyři ukazatele základního chemického složení: Obsah sušiny v mase (v %) – DM, hrubý protein – CP, hrubý tuk – CF, popeloviny – A.

Obsah sušiny v mase (DM) byl stanoven gravimetricky následující referenční metodou (ČSN č. 57 6021) pro stanovení obsahu vlhkosti v mase po vysušení vzorku s pískem až do konstantní hmotnosti při teplotě $+ 103 \pm 2$ °C.

Obsah hrubého proteinu (CP) byl stanoven jako množství organicky vázaného dusíku (přepočítávací koeficient $f_1 = 6.25$) s použitím poloautomatického analyzátoru Kjeltec System (Tecator, Švédsko) a metodou využívající všechny následující doporučení výrobce (AN 86/87).

Obsah tuku (CF) byl stanoven kvantitativně extrakcí v rozpouštědlech použitím poloautomatického systému Soxtec (Tecator, Švédsko) s metodou využívající všechny následující doporučení výrobce (AN 67/83).

Obsah popelovin (A) byl stanoven gravimetricky spálením naváženého vzorku v peci při teplotě $+ 550$ °C až do vymizení veškerých černých částic uhlíku (ČSN č. 570185).

3.4.1 Analýza lipidů a mastných kyselin

Rybí svalovina byla analyzovaná na složení mastných kyselin v tuku, a to na:

- nasycené mastné kyseliny (SFA)
- monoenové mastné kyseliny (MUFA)
- polyenové mastné kyseliny (PUFA)
- n-6 a n-3 PUFA a jejich vzájemný poměr (n-3/n-6)
- eikosapentaenová kyselina (EPA)
- dokosahexaenová kyselina (DHA)

Extrakce lipidů

Vzorky masa línů byly lyofilizovány a zváženy. Lipidy byly extrahovány pomocí petroletheru z lyofilizovaných vzorků masa při teplotě $+ 4$ °C po dobu 24 h. Zfiltrovaný extrakt se pomocí dusíku odpařoval při teplotě 60 °C do dosažení konstantní

váhy. Takto izolované lipidy byly použity pro stanovení obsahu mastných kyselin.

Bazická derivatizace užívala 40 – 50 mg extrahovaného tuku rozpuštěného v 1 ml petroletheru, s přídávkem 0.2 ml 2M KOH v metanolu (CH₃OH). Takto byl vzorek ponechán po dobu 2 min ve vodní lázni při teplotě 60 °C. Dále byl vzorek zneutralizován 0.4 ml 1M HCl v metanolu, zředěný 1 ml petroletheru a injikován do plynového chromatografu (JAVORSKY; KRECMER, 1987). V dalších rozborech byly všechny vzorky analyzované dvakrát.

Plynová chromatografie

Složení mastných kyselin (MK) bylo stanoveno rozdělovací plynovou chromatografií (GC) s použitím přístroje Varian 3300 (viz. obr. 5.) na kapilární koloně 30 m x 0.53 mm a 0.25 µm tlustá vrstva (OMEGAWAX 530; SUPELCO; USA).

Plynová chromatografie je metoda užívaná pro analýzu různých látek, zejména organických sloučenin. Je to proces umožňující dělení směsí na jednotlivé složky. Takto může být každá složka ve vzorku identifikována (kvalitativně) a zároveň změřena (kvantitativně).

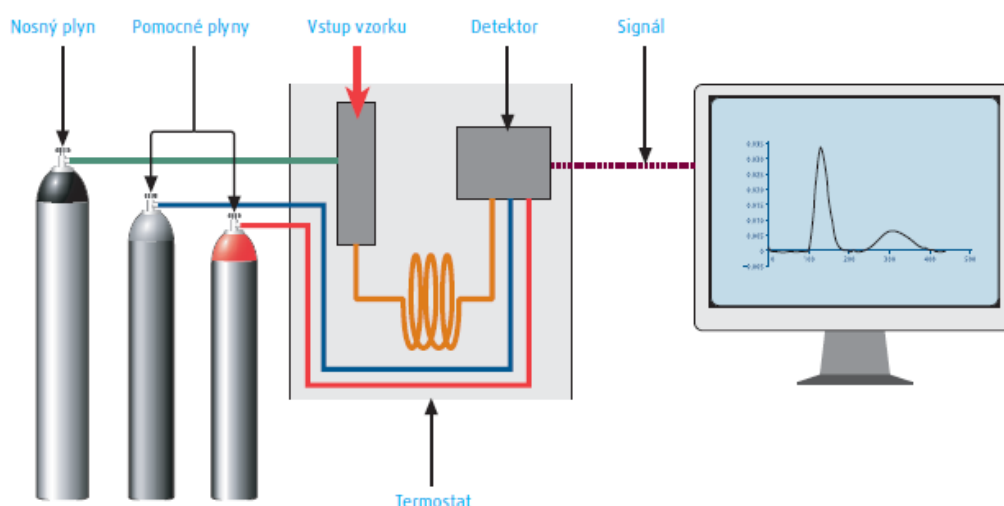


Obr. 2. GC Varian 3300 (převzato z [www: http://home.zf.jcu.cz/](http://home.zf.jcu.cz/))

Prvním krokem při použití metody GC je odpaření vzorku v temperovaném dávkovacím zařízení (injektoru), následuje oddělení jednotlivých složek směsi v chromatografické koloně, detekce každé složky a její vyhodnocení (viz. obr. 6.). Vzorek z injektoru je zaveden do proudu nosného plynu, který protéká kolonou se stacionární fází umístěnou v termostatu. Při průtoku plynu kolonou se jednotlivé složky směsi

pohybují různými rychlostmi ovlivněnými mírou interakce se stacionární fází. V důsledku toho se jednotlivé složky směsi oddělují a při výstupu z kolony mohou být kvantifikovány vhodným detektorem a/nebo zachyceny pro další analýzy (<http://www.linde-gas.cz/>).

Znázornění mastných kyselin bylo vyjádřeno sčítáním proporcí ploch pík k celkové ploše pík určené pro všechny kyseliny. Následující podmínky: počáteční teplota kolony 170 °C; vzestup teploty o 3 °C.min⁻¹; finální teplota 240 °C; teplota nástřiku 250 °C; teplota detektoru 250 °C; nosný plyn (dusík) 3 ml/min; injikovaný vzorek (nástřik) 1 µl; celkový čas analýzy 30 min. Jako standard byl použit FAME mix (Supelco). Znázornění mastných kyselin je specifikováno sčítáním proporcí ploch pík k celkové ploše pík všech determinovaných kyselin. Data hmotnostních procent jsou vypočítány z dat ploch přes relativní faktory standardů (SUPELCO). V dalších rozborech byly všechny vzorky analyzované dvakrát.



Obr. 3. Grafické znázornění částí GC (převzato z [www: http://www.linde-gas.cz/](http://www.linde-gas.cz/))

3.5 Statistické vyhodnocení

Základní statistiky (průměr, směrodatná odchylka) byly řešeny v programu STATISTICA 8.0. Multifaktoriální (jednofaktorové) analýzy rozptylu byly použity pro vyhodnocení statické významnosti výsledků na statické úrovni (odděleně pro extenzivní a intenzivní odchov) podle krmiv a pohlaví (ANOVA). Rozdíly v obsahu mastných kyselin mezi typy krmiv a pohlavím byly analyzovány vícefaktorovou analýzou ANOVA ($p < 0.05$).

4 VÝSLEDKY

4.1 Parametry chovu

Průměrná živá hmotnost línů krmených komerčním krmivem dosahovala u samců 139.0 ± 41.5 g a u samic 161.8 ± 39.8 g. Celková živá hmotnost zmíněné kategorie činila 23,65 kg, při čemž koeficient konverze činil 1,69.

Líni živící se přirozenou potravou, chováni v zemních rybníčcích, dorostli do průměrné živé hmotnosti u samců 118.9 ± 27.8 g a u samic 155.0 ± 28.4 g, s celkovou živou hmotností 23.65 kg. V této kategorii byla zaznamenána 4 % mortalita oproti línům krmeným formulovaným krmivem, kde byla nulová mortalita viz. Tab. 11.

Tab. 11. Produkční data

Zdroj potravy	Přirozená potrava		Formulované krmivo	
	samec	samice	samec	samice
Pohlaví				
Poměr pohlaví	1 : 1		1 : 1	
Tělesná hmotnost (g)	118.9±27.8	155.0±28.4	139.0±41.5	161.8±39.8
Počet ryb (ks)	174		158	
Celková živá hmotnost (kg)	23.65		24.99	
Mortalita (%)	4		0	
FCR	0		1.69	
SGR (% / den)	0.51		0.58	

4.2 Výtěžnost

Tabulka 12. obsahuje parametry, z kterých byla vypočítaná výsledná výtěžnost. Zde jsou tyto parametry a konečná výtěžnost porovnávány u obou pohlaví línů ve dvou rozdílných kategoriích chovu. Navíc zahrnuje několik doplňujícími parametrů, jako je: celková délka, délka těla svalů a výška těla. Pro stanovení výtěžnosti bylo testováno 20 kusů línů od obou kategorií odchovu a od obou pohlaví.

Tab. 12. Parametry výtěžnosti

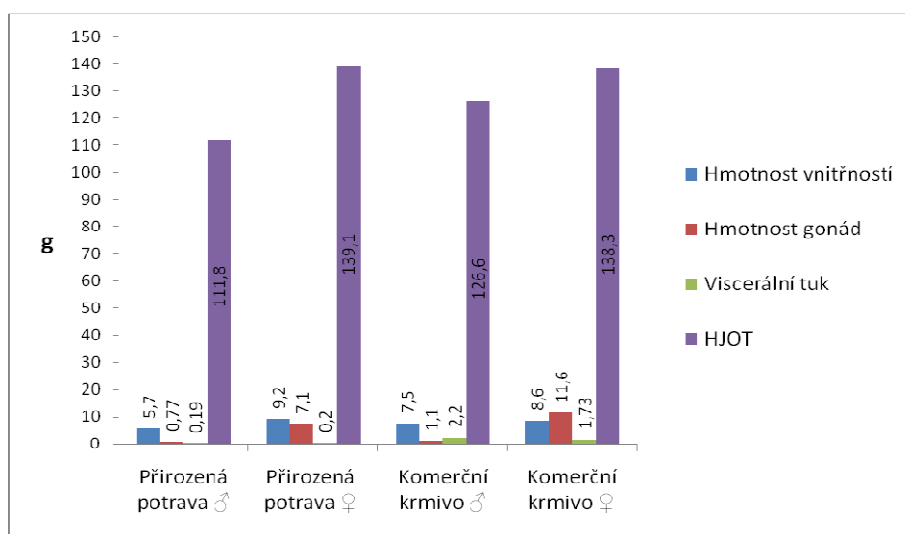
Zdroj potravy	Kategorie línů na přirozené potravě		Kategorie línů na komerčním krmivu	
	samec	samice	samec	samice
Pohlaví				
Poměr pohlaví	1 : 1		1 : 1	
Celková délka (mm)	208.9 ± 16.5	232.8 ± 15.3	205.8 ± 16.5	213.9 ± 18.1
Délka těla svalu (mm)	170.1 ± 13.8	191.6 ± 12.7	168.5 ± 13.5	178.4 ± 15.7
Výška těla (mm)	47.2 ± 3.8	50.3 ± 3.2	46.6 ± 5.3	50.2 ± 4.7*
Tělesná hmotnost (g)	118.9 ± 27.8 ^a	155.0 ± 28.4 ^c	139.0 ± 41.5 ^b	161.8 ± 39.8 ^c
Hmotnost vnitřností (g)	5.7 ± 1.8 ^a	9.2 ± 1.3 ^b	7.5 ± 2.9 ^b	8.6 ± 2.08 ^b
Hmotnost gonád (g)	0.77 ± 0.4 ^a	7.1 ± 2.2 ^b	1.1 ± 0.7 ^a	11.6 ± 6.4 ^b
Viscerální tuk (g)	0.19 ± 0.2 ^a	0.2 ± 0.2 ^a	2.2 ± 1.7 ^b	1.73 ± 1.0 ^b
+HJOT (g)	111.8 ± 26.0 ^a	139.1 ± 25.7 ^b	126.6 ± 35.9 ^a	138.3 ± 34.5 ^b
Výtěžnost (%)	94.0 ± 1.56 ^c	89.0 ± 1.24 ^b	90.6 ± 0.9 ^b	86.0 ± 0.8 ^a

Hodnoty s horními indexy vyjadřují průkazné rozdíly ($P < 0.05$) mezi porovnávanou skupinou, +HJOT – hmotnost jatečně opracovaného těla, *Neprůkazný rozdíl u $P < 0.05$.

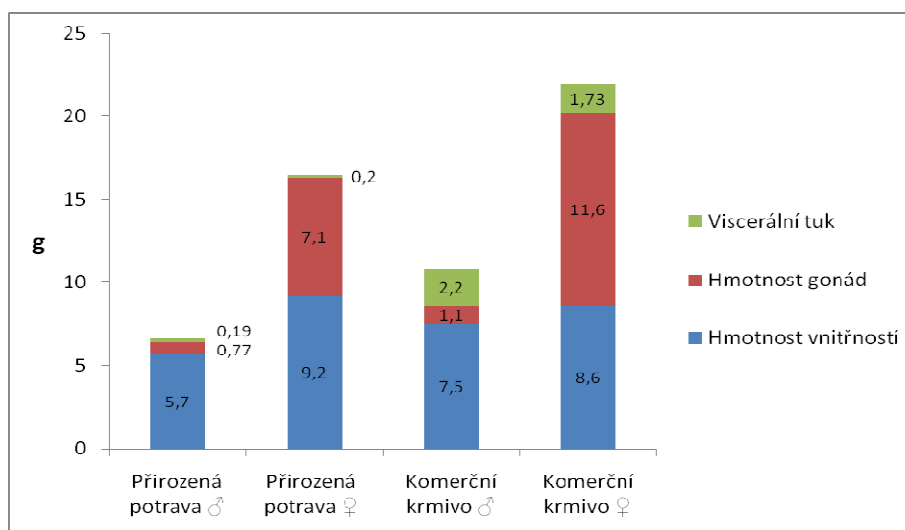
Samci v obou kategoriích línů byli charakterističtí nižší hmotností jatečně opracovaného těla (HJOT) než samice obou kategorií ($P < 0.05$). Tento parametr je graficky znázorněn v grafu 1. společně s dalšími parametry, jako je hmotnost vnitřností, hmotnost gonád a hmotnost viscerálního tuku.

Graf 2. přehledněji znázorňuje výše zmíněné parametry a lze z něj usoudit, že samice na rozdílných dietách měly výrazně vyšší ($P < 0.05$) hmotnost gonád než samci. Tato skutečnost je dána fyziologicky. Byl také prokázán výrazný rozdíl v obsahu viscerálního tuku u samců (2.2 ± 1.7 g) i u samic (1.73 ± 1.0 g) krměných komerčním krmivem, oproti samcům (0.19 ± 0.2 g) a samicím (0.2 ± 0.2 g) na přirozené potravě. Vyšší obsah viscerálního tuku by mohl být přisuzován rozdílnému složení potravy, kdy jsou ryby z recirkulačního systému záměrně krměny krmivem daného složení.

Graf 1. Parametry tělesné hmotnosti

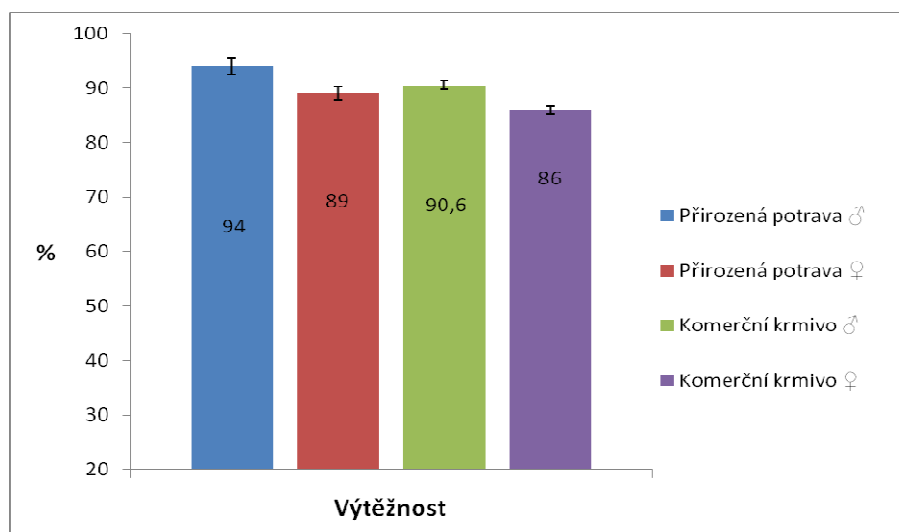


Graf 2. Parametry výtěžnosti



Výtěžnost masa línů (viz. graf 3.) byla prokazatelně nejvyšší u samců (94%) na přirozené potravě, naopak u samic krmených komerčním krmivem byla nejnižší (85%). Mezi samci na komerčním krmivu a samicemi na přirozené potravě nebyl prokázán žádný rozdíl. Výtěžnost masa samců línů obou kategorií vykazovala vyšší hodnoty než výtěžnost masa samic obou kategorií. Tyto rozdíly byly způsobeny rozdílnými fyziologickými vlastnostmi, kdy samice pohlavně dospívají dříve než samci, a tím nabývají jejich pohlavní orgány rychleji na hmotnosti, tudíž živiny přijaté krmivem jdou na tvorbu jejich pohlavních orgánů a na tvorbu svaloviny se už tolik živin nedostává.

Graf 3. Výtěžnost masa línů



4.3 Chemické složení

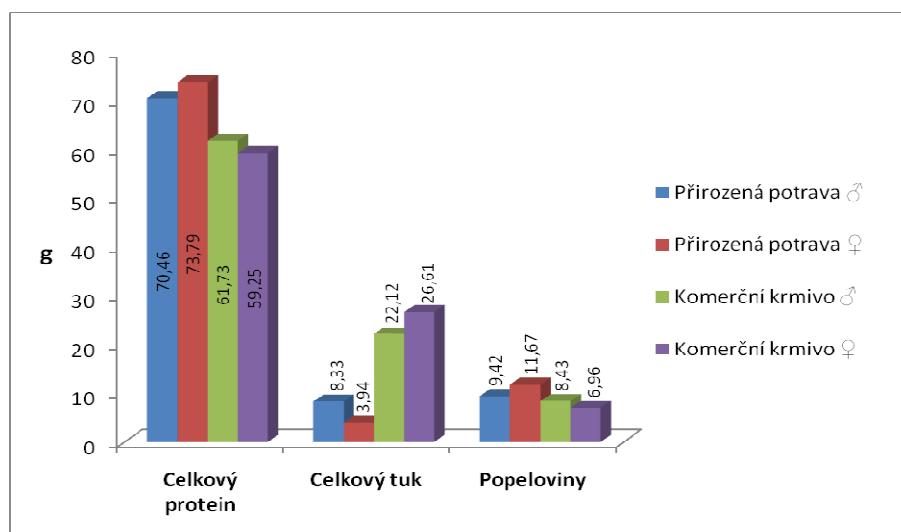
Základní chemické složení masa línů bylo analyzováno u 12 kusů od každého pohlaví a od obou kategorií, kde byl stanoven obsah sušiny (%), hrubý protein (g), hrubý tuk (g) a popeloviny (g). V obou kategoriích chovu bylo chemické složení významně ovlivněno pohlavím a krmivem ($P < 0.05$), jak je patrné v Tab. 13., kde jsou zaznamenány výsledné hodnoty studie a následně porovnávány mezi kategoriemi chovu a mezi pohlavím. V souvisejícím grafu 4. jsou tyto hodnoty převedeny do grafické podoby a lze z něho vyvodit zásadní rozdíly ve složení zkoumaných parametrů. Chemické složení těchto parametrů je dále rozděleno do samostatných bodů a je graficky znázorněno v následujících grafech této práce.

Tab. 13. Chemické složení masa

Zdroj potravy	Kategorie línů na přirozené potravě		Kategorie línů na komerčním krmivu	
	♂ (n = 12)	♀ (n = 12)	♂ (n = 12)	♀ (n = 12)
Sušina (%)	20.39±0.1 ^a	18.93±0.54 ^a	22.68±0.94 ^b	24.78±0.46 ^b
Hrubý protein	70.46±0.57 ^b	73.79±0.48 ^b	61.73±2.57 ^a	59.25±2.51 ^a
Hrubý tuk	8.33±2.57 ^a	3.94±0.19 ^a	22.12±5.55 ^b	26.61±2.30 ^b
Popeloviny	9.42±0.52 ^b	11.67±1.37 ^c	8.43±1.5 ^{ab}	6.96±0.59 ^a

Hodnoty s horními indexy vyjadřují průkazné rozdíly ($P < 0.05$) mezi porovnávanou skupinou.

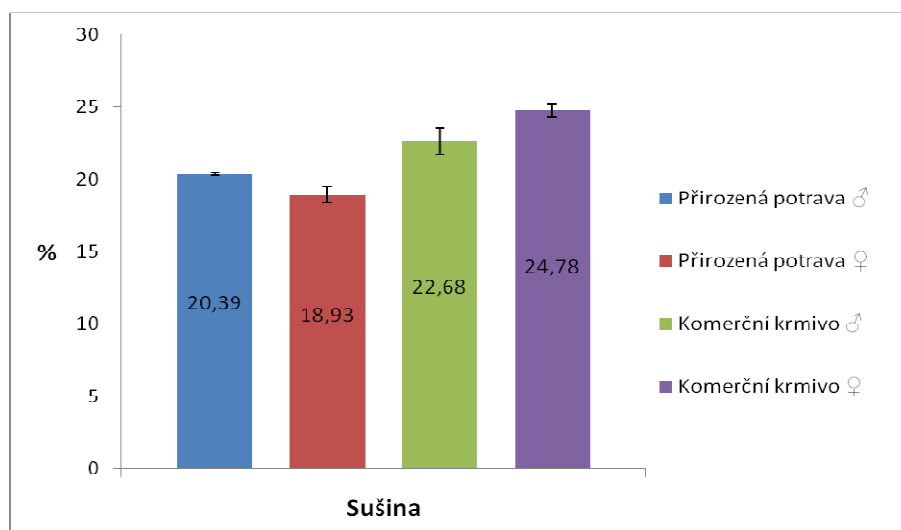
Graf 4. Chemické složení masa línů



4.3.1 Obsah sušiny

V obsahu sušiny byly zjištěny vyšší hodnoty související s pohlavím mezi kategoriemi. Byl také zjištěn významný rozdíl v případě samic krmených komerčním krmivem ($P < 0.05$), kdy obsahovala jejich svalovina nejvíce sušiny (24.78 ± 0.46 %) ze všech skupin testovaných línů. Naopak tomu bylo u samic na přirozené potravě, kde byl prokázán nejnižší (18.93 ± 0.54 %) obsah sušiny ze všech čtyřech skupin línů viz. graf 5.

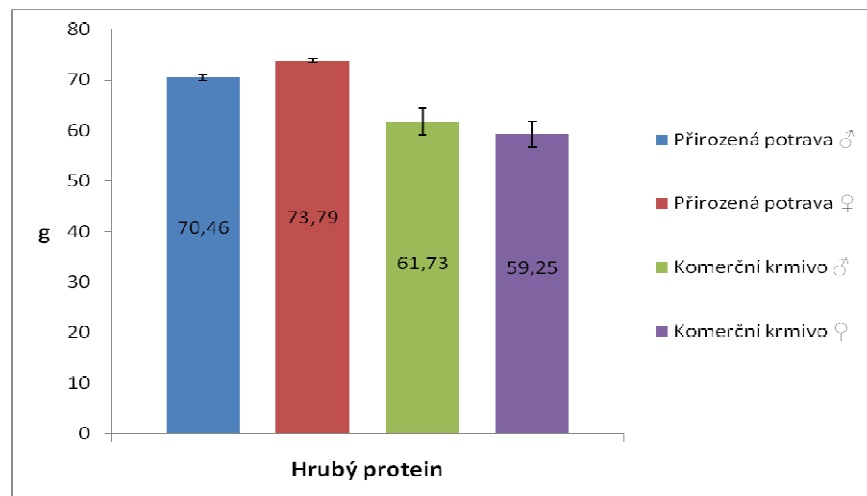
Graf 5. Obsah sušiny v mase línů



4.3.1 Obsah hrubého proteinu

U obou kategorií línů se také výrazně lišil ($P < 0.05$) obsah hrubého proteinu, kde byl u kategorie línů na přirozené potravě vyšší jak u samců (70.46 ± 0.57 g), tak i u samic (73.79 ± 0.48 g), oproti línům krměným komerčním krmivem. Nejvyšší obsah hrubého proteinu byl zjištěn u samic živících se přirozenou potravou, naopak nejnižší u samic krměných komerčním krmivem (59.25 ± 2.51 g) viz. tab. 5. a graf 6.

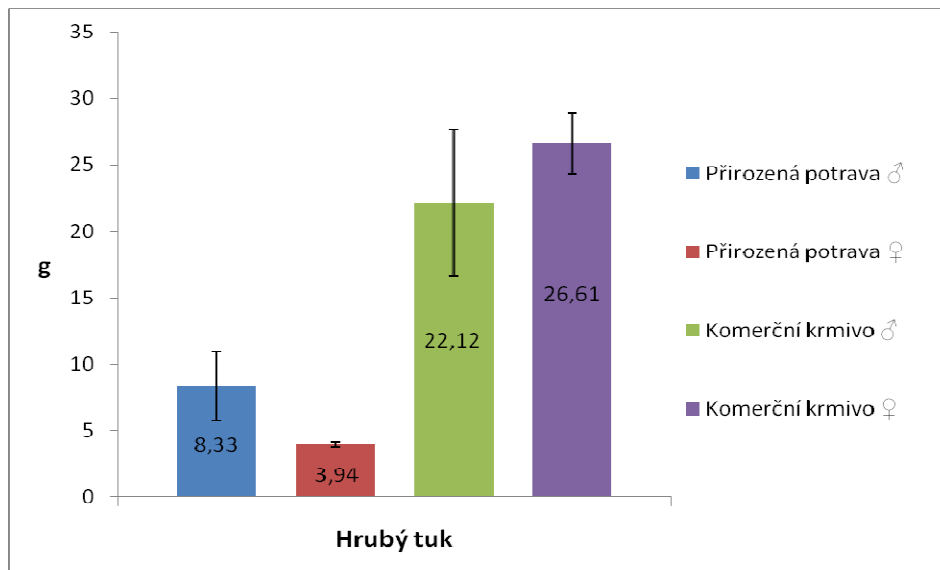
Graf 6. Obsah proteinů v masě línů



4.3.2 Obsah hrubého tuku

Výrazně se lišil i obsah hrubého tuku mezi oběma kategoriemi línů ($P < 0.05$), kde byl prokázán významný rozdíl s vyšším obsahem tuku u kategorie línů krměných komerčním krmivem než u kategorie na přirozené potravě. Samci na přirozené potravě měli více tuku (8.33 ± 2.57 g) oproti samicím této kategorie (3.94 ± 0.19 g), než bylo u kategorie krměné komerčním krmivem, kde měly vyšší obsah tuku samice (26.61 ± 2.30 g) než samci (22.12 ± 5.55 g). Nejvyšší obsah tuku byl prokázán u samic krměných komerčním krmivem, oproti samicím na přirozené potravě, kde byl obsah nejnižší. Tyto rozdíly mohou být přisuzovány rozdílným technologiím chovu, kde u odchovávaných línů v recirkulačním systému probíhá metabolismus a ukládání tuku rychleji z důvodů konstantnějších podmínek prostředí, a díky permanentně předkládanému krmivu dané kvality. U línů odchovávaných v zemních rybníčkách jsou tyto jevy pomalejší z důvodu nižších teplot a postupnému zvyšování metabolismu. Dále také v množství přirozené potravy, v její velikosti a kvalitě jejich tuků.

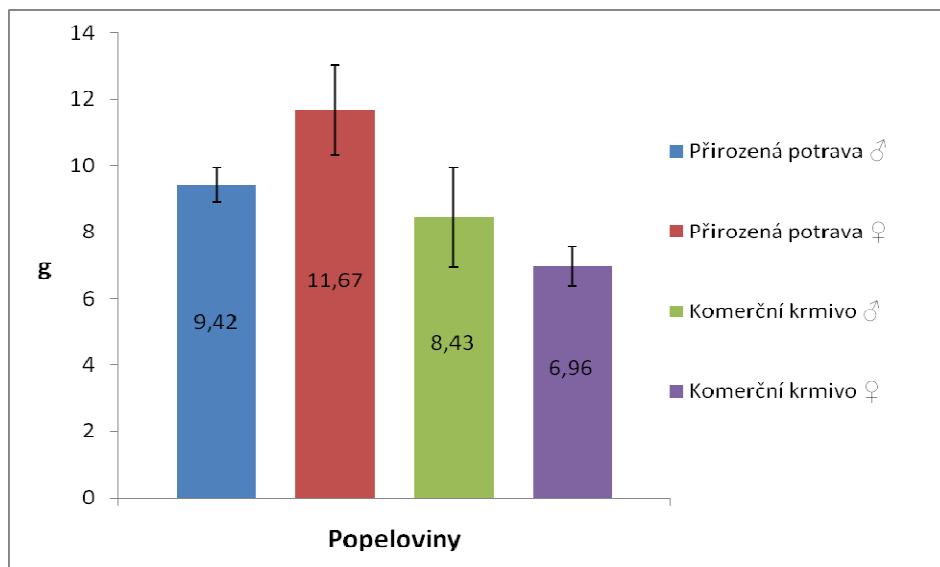
Graf 7. Obsah hrubého tuku v mase línů



4.3.3 Obsah popelovin

U samců obou kategorií nedošlo k žádným průkazným rozdílům v obsahu popelovin, naopak u samic na přirozené potravě byl zjištěn nejvyšší obsah popelovin (11.67 ± 1.37 g) a u samic krmených komerčním krmivem nejnižší (6.96 ± 0.59 g), viz. graf 8.

Graf 8. Obsah popelovin v mase línů



4.3.4 Obsah a zastoupení mastných kyselin

Pro zjištění hodnoty bylo analyzováno od každého pohlaví a obou kategorií 6 ks testovaných skupin línů. Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v Příloze III. Lipidy lína obsahovaly u obou kategorií především palmitovou (16:0), palmitolejovou (16:1 n-9) a olejovou (18:1 n-9) kyselinu. Také zde byly zastoupeny n-6 (kyselina linolová, 18:2 n-6) a n-3 (kyselina α -linolenová, 18:3 n-3) mastné kyseliny viz. Tab. 14.

Tab. 14. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v mase lína (v hmotnostních %)

Zdroj potravy	Kategorie línů na přirozené potravě		Kategorie línů na komerčním krmivu		
	Pohlaví	♂ (n = 6)	♀ (n = 6)	♂ (n = 6)	♀ (n = 6)
MK					
nC14:0		1.93±0.15 ^a	1.67±0.58 ^a	2.95±0.28 ^b	2.92±0.17 ^b
nC15:0		0.71±0.09 ^c	0.50±0.18 ^b	0.28±0.03 ^a	0.28±0.01 ^a
nC16:0		18.44±1.66 ^b	16.17±2.28 ^a	18.91±0.53 ^b	18.83±0.61 ^b
nC17:0		0.78±0.12 ^b	0.76±0.18 ^b	0.16±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a
nC18:0		3.65±0.76 ^b	5.10±2.04 ^c	2.15±0.19 ^a	2.34±0.19 ^{ab}
nC20:0		0.21±0.04 ^b	0.31±0.11 ^c	0.12±0.01 ^a	0.16±0.01 ^{ab}
ΣSFA		25.72±1.32	24.51±0.93	24.58±0.70	24.69±0.70
C16:1n9		11.70±1.66 ^b	8.61±3.31 ^a	10.47±0.98 ^{ab}	10.58±0.71 ^{ab}
C18:1n9		16.52±1.69 ^a	16.06±3.16 ^a	25.87±0.82 ^b	25.62±0.35 ^b
C18:1n7		5.47±0.73 ^b	5.02±0.66 ^b	3.77±0.15 ^a	3.55±0.17 ^a
C20:1n9		0.59±0.09 ^a	0.93±0.27 ^b	2.58±0.21 ^c	2.94±0.18 ^d
ΣMUFA		34.28±3.31	30.61±6.16	42.69±1.58	42.69±0.70
C18:2n6		9.42±1.00 ^a	9.60±2.03 ^a	15.56±1.17 ^b	14.32±0.67 ^b
C20:4n6		2.98±0.96 ^b	4.00±1.87 ^b	0.38±0.06 ^a	0.41±0.03 ^a
C22:5n6		0.32±0.06 ^a	0.65±0.42 ^b	0.11±0.01 ^a	0.13±0.02 ^a
Σn-6		12.71±0.57	14.25±2.17	16.04±1.17	14.87±0.67
C18:3n3		3.56±1.13 ^b	2.69±0.98 ^b	1.33±0.13 ^a	1.27±0.06 ^a
C18:4n3		0.68±0.32 ^b	0.59±0.20 ^{ab}	0.40±0.04 ^a	0.40±0.06 ^a
C20:4n3		0.78±0.20 ^b	1.01±0.14 ^c	0.54±0.06 ^a	0.57±0.05 ^a
C20:5n3		3.84±0.67 ^b	4.75±1.11 ^c	2.14±0.22 ^a	2.29±0.22 ^a
C22:5n3		1.37±0.35 ^a	2.45±0.88 ^b	0.82±0.05 ^a	0.98±0.09 ^a
C22:6n3		4.06±1.12	6.67±3.87	4.48±0.34	5.11±0.38*
Σn-3		14.29±2.83	18.16±4.55	9.72±0.62	10.63±0.65
ΣPUFA		27.00±2.84	32.41±5.59	25.75±1.27	25.49±0.75
Σn-3/Σn-6		1.13±0.22	1.29±0.3	0.61±0.06	0.72±0.06

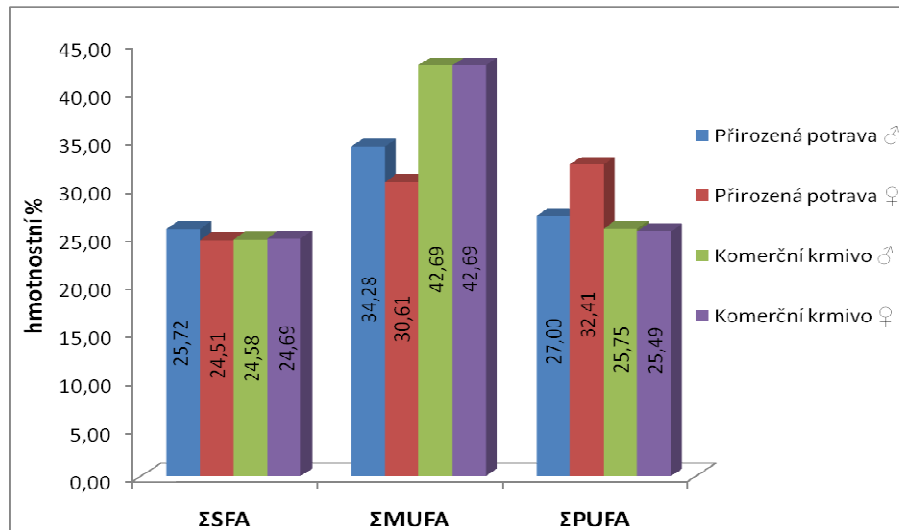
Hodnoty s horními indexy vyjadřují průkazné rozdíly ($P < 0.05$) mezi porovnávanou skupinou, *Neprůkazný rozdíl u $P < 0.05$.

U obou kategorií byly v zjistitelných množstvích přítomné mastné kyseliny charakteristické pro lipidy ryb s vyšším počtem atomů uhlíku a dvojných vazeb v molekulách. U těchto kategorií byla rovněž zjištěna kyselina arachidonová (20:4 n-6), kyselina eikosapentaenová (20:5 n-3) a kyselina dokosaheptaenová (22:6 n-3).

Statistický rozdíl se podařilo prokázat ($P < 0.05$) v případě kyseliny palmitové (SFA 16:0). Hmotnostní procento obsahu této MK u samic na přirozené potravě bylo nejnižší a signifikantně se lišilo od ostatních porovnávaných skupin. Rozdíl byl také prokázán ($P < 0.05$) u kyseliny palmitoolejové (MUFA 16:1 n-9) v případě samců a samic na přirozené potravě. U samic na přirozené potravě byl obsah této MK nejnižší (8.61 ± 3.31 %).

Signifikantní rozdíly ($P < 0.05$) vykázaly kyselina olejová (MUFA 18:1 n-9) a kyselina linolová (PUFA 18:2 n-6), kdy byl u obou MK vyšší obsah u samců i samic krměných komerčním krmivem než u samců a samic na přirozené potravě. Naopak tomu bylo v případě kyseliny α -linolenové (PUFA 18:3 n-3) a kyseliny arachidonové (PUFA 20:4 n-6), kde byl vyšší obsah u samců i samic na přirozené potravě.

Graf 9. Složení mastných kyselin v mase

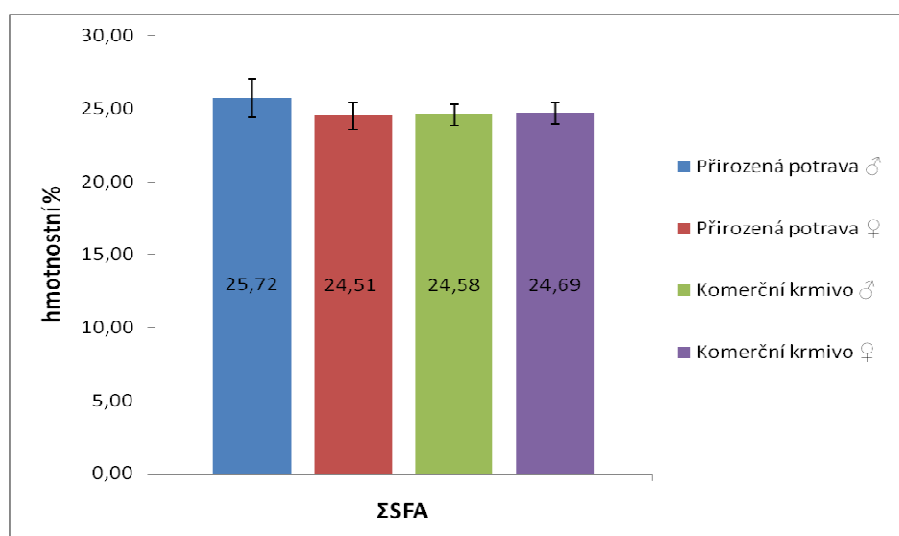


V případě kyseliny eikosapentaenové (PUFA 20:5 n-3) byly prokazatelné rozdíly ($P < 0.05$) mezi kategoriemi línů na rozdílné dietě, kdy byl obsah vyšší u samců i samic na přirozené potravě. Také byly prokázány rozdíly ($P < 0.05$) u kategorie na přirozené potravě mezi pohlavím. U kyseliny dokosaheptaenové (PUFA 22:6 n-3) nebyly prokázány žádné rozdíly ($P < 0.05$) mezi porovnávanými skupinami.

Kvalitativní a kvantitativní složení mastných kyselin (průměr, směrodatná odchylka) svaloviny línů ve vztahu přirozené potravy oproti komerčnímu krmivu a pohlaví je patrné v tab. 14. a v grafu 9. Statistické podklady k tabulce 14. a k ní náležících grafů jsou uvedeny v Příloze II. Statistické vyhodnocení Fisherovým LSD testem $p = 0,05$ pro jednotlivé mastné kyseliny.

U obou kategorií a obou pohlaví nebyly zjištěny žádné výrazné rozdíly v obsahu celkových nasycených mastných kyselin (SFA), jak je patrné v grafu 10.

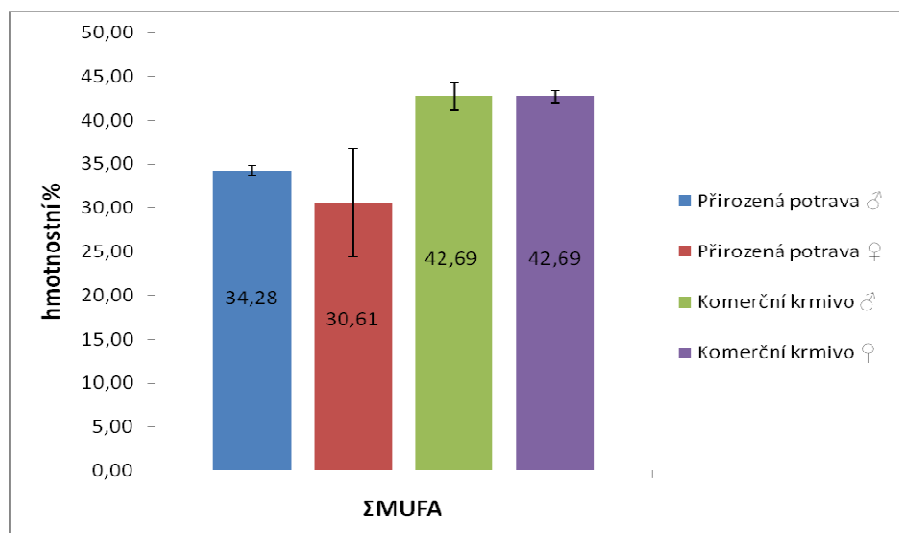
Graf 10. Zastoupení celkových SFA v mase línů



Mezi samci (42.69 ± 1.58 %) a samicemi (42.69 ± 0.70 %) u kategorie línů krmených komerčním krmivem nebyly statisticky prokázány žádné rozdíly v obsahu mononenasycených mastných kyselin ($P < 0.05$). Naopak je tomu u kategorie línů na přirozené potravě, kde svalovina samců (34.28 ± 3.31 %) obsahovala prokazatelně více MUFA než tomu bylo u samic (30.61 ± 6.16 %), u kterých byla hodnota MUFA nižší průměrně o 3.67 %. Ke statisticky průkazným rozdílům ($P < 0.05$) došlo u obsahu MUFA mezi kategoriemi línů na rozdílných dietách. U samic na přirozené potravě byl tento obsah oproti kategorii línů krmených komerčním krmivem, kde nabýval stejných hodnot u obou pohlaví, nižší řádově o 12.08 % (viz. graf 11.). Vyšší množství MUFA u kategorie línů z recirkulačního systému byla způsobena přijímaným krmivem. Komerční krmivo zkrmované liny má vyvážený obsah těchto mastných kyselin, z toho lze usoudit, že také konečný obsah MUFA v mase línů bude stejný jak u samců, tak i u samic. Kdežto liny žijící v přirozených podmínkách přijímají v přirozené potravě

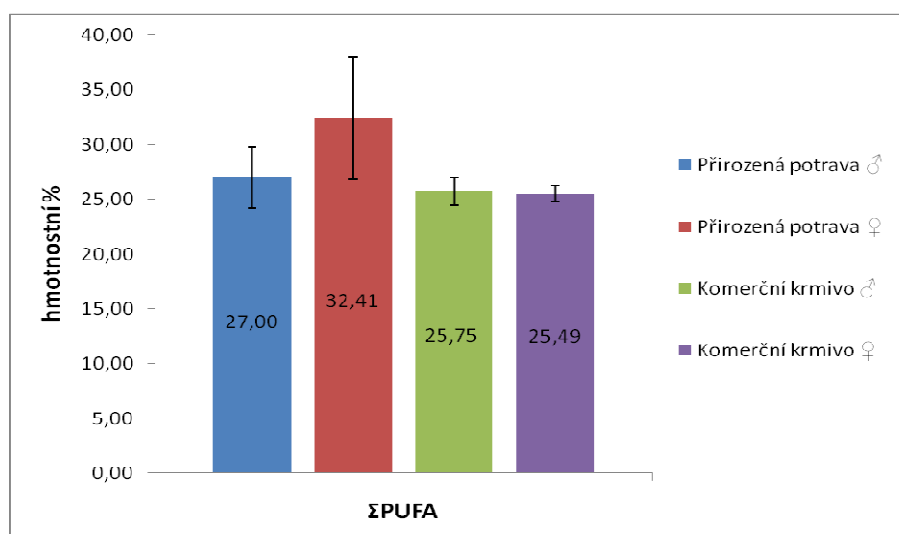
rozkolísaný a nevyvážený obsah MUFA, přirozená potrava je spíše bohatější na esenciální polynenasycené mastné kyseliny, hlavně řady n-3, jak je patrné v grafu 15.

Graf 11. Zastoupení celkových MUFA v mase línů



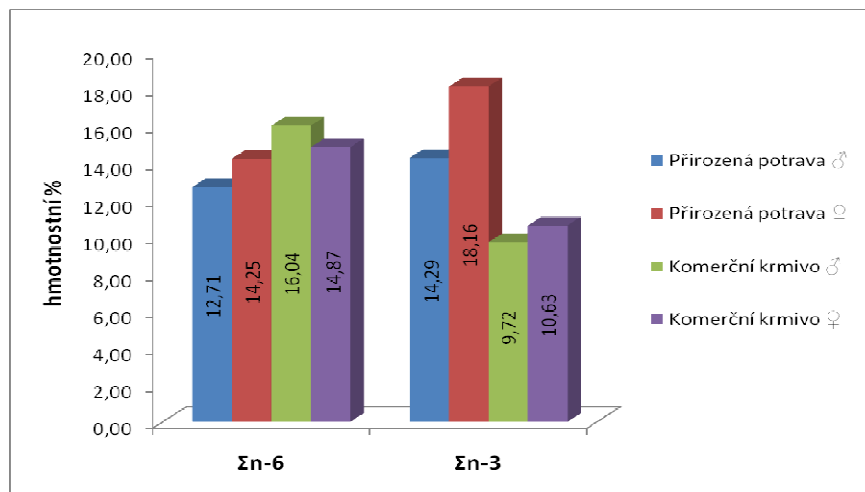
V obsahu celkových polynenasycených mastných kyselin byly prokázány statistické rozdíly ($P < 0.05$) mezi kategoriemi na rozdílných dietách. Nejvyšší obsah PUFA byl determinován u samic na přirozené potravě ($32.41 \pm 5.59 \%$), v této kategorii převažoval i u samců ($27.00 \pm 2.84 \%$) nad kategorií línů krmených komerčním krmivem (samci $25.75 \pm 1.27 \%$ a samice $25.49 \pm 0.75 \%$). Průkazné rozdíly byly též determinovány mezi pohlavím ($P < 0.05$), ale jen u línů na přirozené potravě, kdy obsah PUFA u samic převažoval řádově o 5.41 % nad samci. U línů na komerčním krmivu nebyly prokázány žádné statistické rozdíly ($P < 0.05$) mezi pohlavím viz. graf 12.

Graf 12. Zastoupení celkových PUFA v mase línů



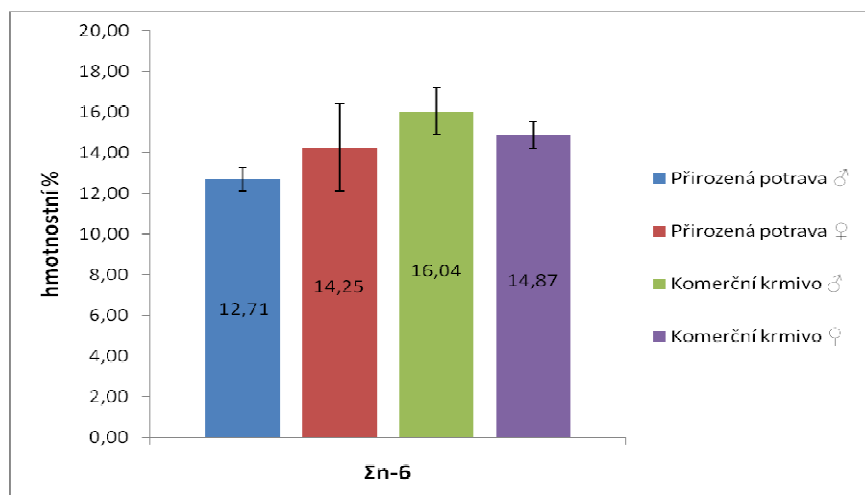
Graf 13. popisuje zastoupení pro lidskou výživu nejdůležitějších esenciálních polynenasycených mastných kyselin řad n-3 a n-6. Jednotlivě jsou tyto řady graficky znázorněny v grafech 14. a 15.

Graf 13. Zastoupení $\Sigma n-6$ a $\Sigma n-3$ v PUFA masa línů



Statistické vyhodnocení získaných hodnot prokazuje rozdíly v obsahu $\Sigma n-6$ PUFA jak mezi pohlavím, tak i mezi oběma kategoriemi línů na rozdílné dietě ($P < 0.05$).

Graf 14. Obsah $\Sigma n-6$ PUFA v mase línů

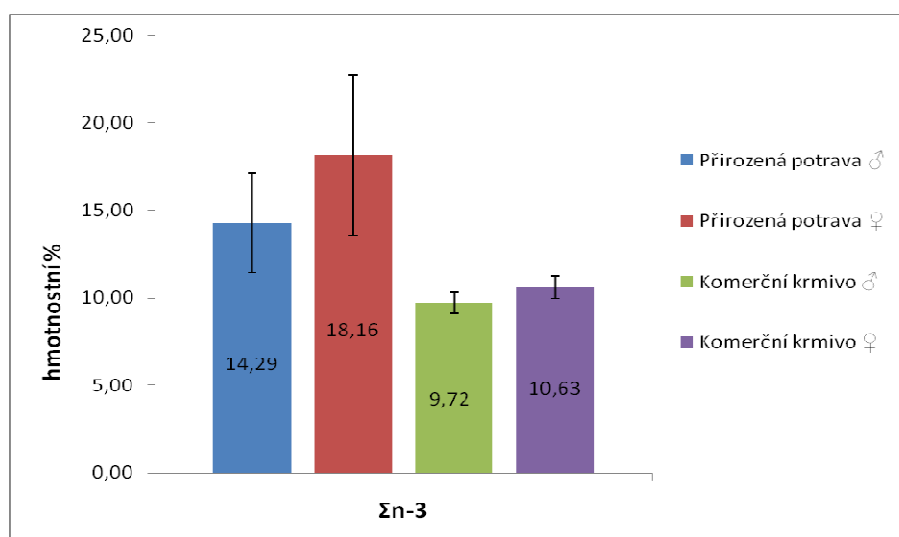


V kategorii línů krmených komerčním krmivem byl obsah vyšší u samců (16.04 ± 1.17 %) i samic (14.87 ± 0.67 %) vzhledem ke kategorii línů na přirozené potravě, u samců 12.71 ± 0.57 % a samic 14.25 ± 2.17 %. Největší rozdíl byl prokázán mezi samci obou kategorií rozdílných diet (o 3.69 %), kdy měli samci na komerčním krmivu nejvyšší obsah $\Sigma n-6$ PUFA. U línů na přirozené potravě byl procentuální obsah

Σ n-6 PUFA nižší u samců než samic, na rozdíl od línů krmených komerčním krmivem, kde tomu bylo naopak viz. graf 13. a 14.

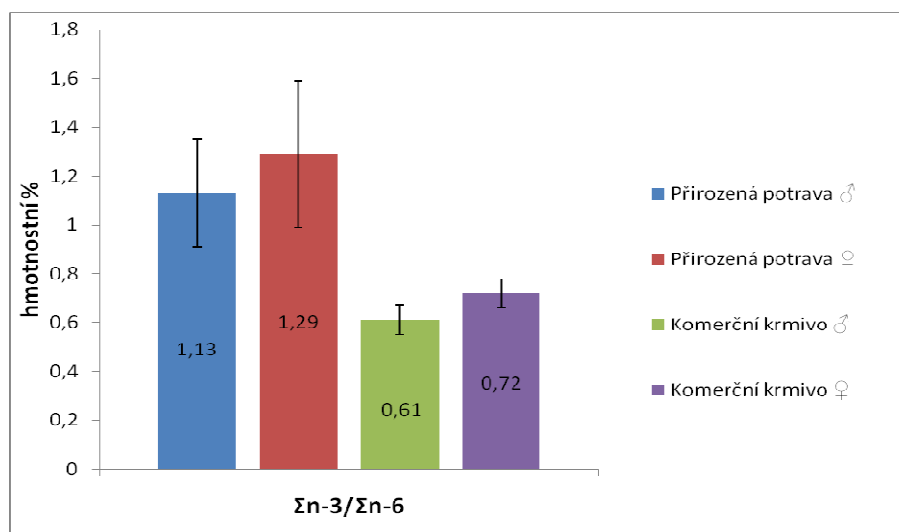
Analýza složení mastných kyselin a následné statistické zpracování vykazovalo výrazné rozdíly ($P < 0.05$) v procentuálním zastoupení nejvíce požadovaných MK v lidské výživě Σ n-3 PUFA ve svalovině testovaných línů, ať už mezi kategoriemi rozdílných diet či mezi pohlavím u kategorie línů na přirozené potravě. Signifikantní rozdíly jsou patrné v grafu 15., kde dosahoval obsah Σ n-3 PUFA u línů na přirozené potravě vyšších hodnot u samců (14.29 ± 2.83 %) i samic (18.16 ± 4.55 %), vzhledem ke kategorii línů na komerčním krmivu, samci (9.72 ± 0.62 %) a samice (10.63 ± 0.65 %). Nejvyšší množství Σ n-3 PUFA bylo prokázáno u samic na přirozené potravě. U línů krmených komerčním krmivem nebyly mezi pohlavím zjištěny průkazné rozdíly, kdežto u línů na přirozené potravě bylo mezi pohlavím množství prokazatelně rozdílné (o 3.87%). U obou kategorií měly největší množství Σ n-3 PUFA samice línů. Tyto rozdíly jsou přisuzovány s největší pravděpodobností přijímanému krmivu a u samic by mohlo také jít o fyziologické rozdíly mezi pohlavím.

Graf 15. Obsah Σ n-3 PUFA v masa línů



U línů ze zemních rybníčků byl stanoven poměr n-3/n-6 polyenových mastných kyselin 1.2; u ryb z recirkulačního systému 0.65. Tento poměr prokazatelně poukazuje na vyšší zastoupení n-3 mastných kyselin v mase lína ze zemních rybníčků s přirozenou potravou, naopak intenzivně přikrmované ryby chované v recirkulačním systému mají vyšší zastoupení n-6 polyenových mastných kyselin, což vystihuje graf 16.

Graf 16. Poměr $\Sigma n-3/\Sigma n-6$ v mase línů

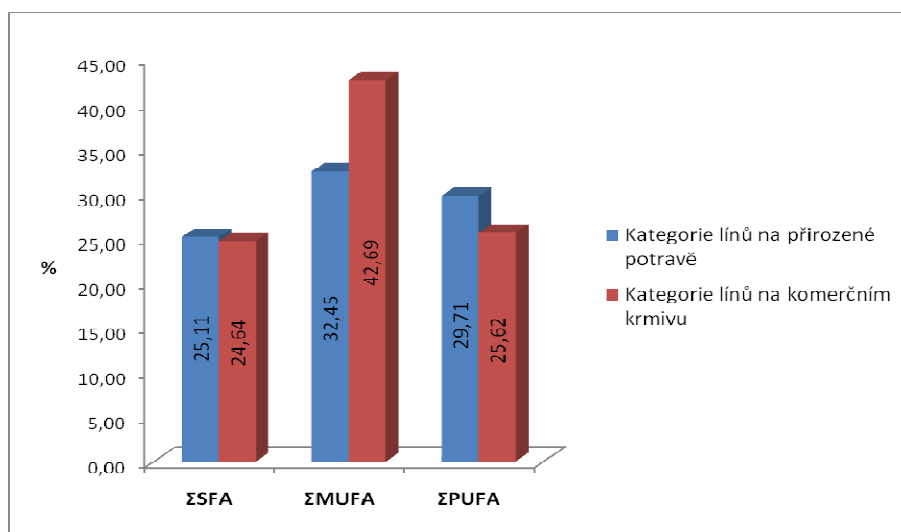


Tabulka 15. udává obsah nejdůležitějších mastných kyselin ve svalovině lína obecného, kde jsou porovnávány jen mastné kyseliny rozdílných diet, bez ohledu na pohlaví. K této tabulce jsou dále přiřazeny grafy, ve kterých jsou podrobně a přehledně znázorněny: ΣSFA , $\Sigma MUFA$, $\Sigma PUFA$, $\Sigma n-6$, $\Sigma n-3$, poměr $\Sigma n-3/\Sigma n-6$.

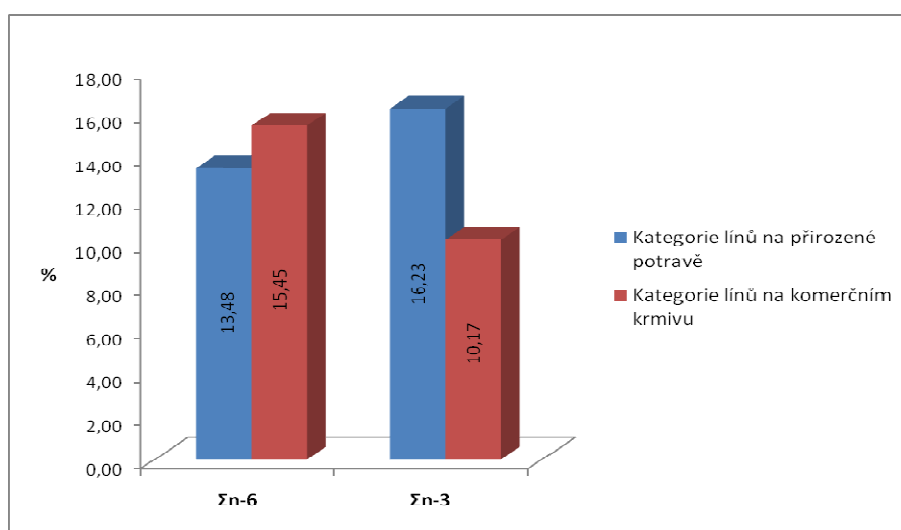
Tab. 15. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v mase lína (v hmotnostních %)

Zdroj potravy	Kategorie línů na přirozené	Kategorie línů na komerčním
Pohlaví	n = 12	n = 12
Poměr pohlaví	1 : 1	1 : 1
MK		
nC14:0	1.80±0.43	2.93±0.22
nC16:0	17.31±2.20	18.87±0.55
nC18:0	4.37±1.63	2.25±0.20
ΣSFA	25.11±1.24	24.64±0.67
C16:1n9	10.16±2.92	10.52±0.82
C18:1n9	16.29±2.45	25.74±0.62
C18:1n7	5.24±0.70	3.66±0.19
C20:1n9	0.76±0.25	2.76±0.26
$\Sigma MUFA$	32.45±5.07	42.69±1.17
C18:2n6	9.51±1.54	14.94±1.09
C20:4n6	3.49±1.51	0.39±0.05
$\Sigma n-6$	13.48±1.69	15.45±1.07
C18:3n3	3.12±1.10	1.30±0.10
C20:5n3	4.30±0.98	2.22±0.23
C22:5n3	1.91±0.83	0.90±0.10
C22:6n3	5.37±3.01	4.79±0.46
$\Sigma n-3$	16.23±4.09	10.17±0.75
$\Sigma PUFA$	29.71±4.99	25.62±1.01
$\Sigma n-3/\Sigma n-6$	1.21±0.26	0.66±0.08

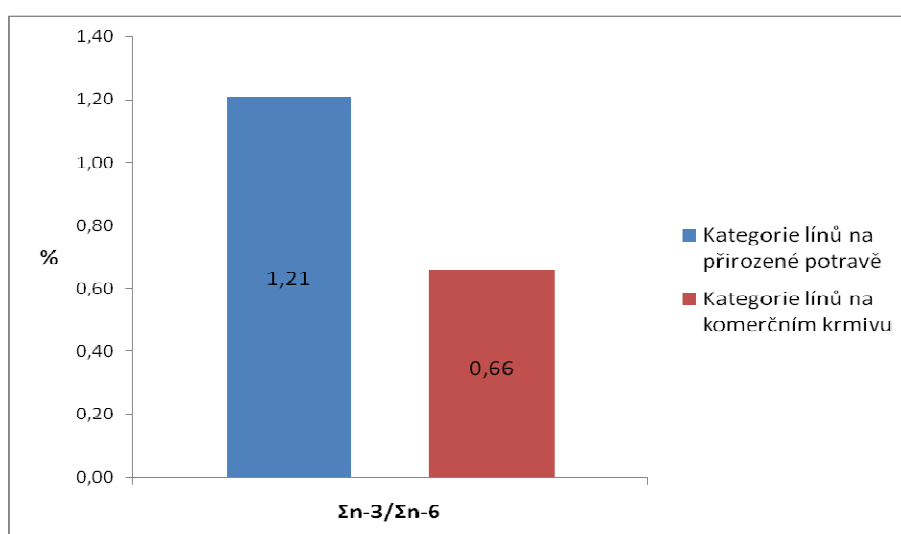
Graf 17. Celkové složení mastných kyselin v mase línů



Graf 18. Obsah Σn-6 a Σn-3 PUFA v mase línů



Graf 19. Poměr Σn-3/Σn-6 v mase línů



5 DISKUZE

Výtěžnost línů

Výzkum prokázal výrazný rozdíl v obsahu viscerálního tuku u samců (2.2 ± 1.7 g) i u samic (1.73 ± 1.0 g) krmených komerčním krmivem, oproti samcům (0.19 ± 0.2 g) a samicím (0.2 ± 0.2 g) na přirozené potravě. Vysokoenergetické formulované krmivo může mít značný dopad na chemické složení ryb a ve skutečnosti na výnos jeho požitelných částí. Ryba ukládá nadbytečnou energii z krmiva v různých částech těla v první řadě jako depozitní tuk (JOBLING, 2001). Výzkum na línech prováděný JANKOWSKA ET AL. (2006) prokázal vyšší procentuální podíl vnitřností u línů z intenzivního chovu.

Výtěžnost masa línů byla nižší u obou pohlaví krmených komerčním krmivem (u samců 90.6% a samic 85%) než u línů na přirozené potravě (u samců 94% a samic 86%). Podobně studie JANKOWSKA ET AL. (2006) prokázala tuto skutečnost, u línů na přirozené potravě $90 \pm 0.33\%$ a línů z intenzivního chovu $85.03 \pm 0.64\%$. Lín z intenzivního chovu deponoval tuk kolem střev, což znamená, že jejich výtěžnost ($P < 0.01$) byla nižší v porovnání s líny na přirozené potravě.

Chemické složení masa línů

V případě samic krmených komerčním krmivem byl zjištěn významný rozdíl ($P < 0.05$), kdy jejich svalovina obsahovala nejvíce sušiny (24.78 ± 0.46 %) ze všech skupin testovaných línů. Naopak tomu bylo u samic na přirozené potravě, kde byl prokázán nejnižší (18.93 ± 0.54 %) obsah sušiny ze všech čtyř skupin línů.

U kategorie línů na přirozené potravě byl vyšší obsah proteinů u samců (70.46 ± 0.57 g) i samic (73.79 ± 0.48 g), oproti línům krmených komerčním krmivem. Nejvyšší obsah hrubého proteinu byl prokazatelně zjištěn u samic živících se přirozenou potravou, naopak nejnižší u samic krmených komerčním krmivem (59.25 ± 2.51 g).

U samců obou kategorií nedošlo k žádným průkazným rozdílům v obsahu popelovin, naopak u samic na přirozené potravě byl zjištěn nejvyšší podíl popelovin (11.67 ± 1.37 g) a u samic krmených komerčním krmivem nejnižší (6.96 ± 0.59 g). TURCHINI ET AL. (2007) stanovil chemickou analýzou obsah proteinů ve filetech lína na komerčním krmivu s přidavkem sojového oleje 190 ± 5.1 g, dále u těchto línů stanovil i

obsah popelovin 11.7 ± 0.5 g. U línů z intenzivního chovu, na rozdíl od línů na přirozené potravě, byl determinován snížený obsah vody o 6.66% a proteinů o 1.67%, v obsahu popelovin nebyly prokázány žádné významné rozdíly (JANKOWSKA ET AL., 2006).

Výrazně se lišil i obsah hrubého tuku mezi oběma kategoriemi línů ($P < 0.05$), kde byl prokázán významný rozdíl s vyšším obsahem tuku u kategorie línů krmených komerčním krmivem. Podle STEFFENS; WIRTH (2005) činil obsah intramuskulárního tuku línů na přirozené potravě 1.15%, zatímco u línů na komerčním krmivu 10.2%. JANKOWSKA ET AL., (2006) uvádí, že se u línů z intenzivního chovu oproti línům na přirozené potravě významně ($P < 0.01$) zvýšil obsah tuku o 8.27% (8.85 oproti 0.58). Samci na přirozené potravě měli více tuku (8.33 ± 2.57 g) oproti samicím stejné kategorie (3.94 ± 0.19 g). Jinak tomu bylo u kategorie krmené komerčním krmivem, tam měly vyšší obsah tuku samice (26.61 ± 2.30 g). TURCHINI ET AL. (2007) uvádí obsah lipidů ve filetech línů na formulované dietě s přidavkem sojového oleje v množství 26.6 ± 3.9 g. Kvalitativní složení mastných kyselin v masu lína odchovaného intenzivně na formulovaném krmivu a odchovaného extenzivně na přirozené potravě bylo stejné (JANKOWSKA ET AL., 2006), stejně tak jako v případě této studie.

BIENIARZ ET AL. (2001) ohlásil identickou závislost vzhledem ke kapru obecnému, v porovnání se vzorky které byly přikrmovány doplňkovou obilovinou. Ryby živící se výlučně přirozenou potravou měly vyšší úroveň PUFA, nižší MUFA a podobnou SFA. Podobně tomu bylo i v našem případě, kde tuto skutečnost potvrdila analýza výše zmíněných mastných kyselin.

Převládající typ potravy (rostlinná vs. živočišná, přirozená vs. formulovaná), který slouží jako zásoba mastných kyselin specifického složení v rybách, je rozhodující pro následující enzymatickou syntézu SFA, MUFA a PUFA z acetyl-CoA (BUCHTOVÁ ET AL., 2004).

Ve svalovině obou skupin bylo identifikováno devatenáct mastných kyselin s délkou uhlíkových řetězců od C14 do C22. Tyto zahrnovaly 6 nasycených, 4 mononenasycené a 9 polynenasycených mastných kyselin. Lipidy lína obsahovaly u obou kategorií především palmitovou (16:0), palmitolejovou (16:1 n-9) a olejovou (18:1 n-9) kyselinu, což je charakteristické pro lipidy živočišného původu. Stejně závěry vyvodili ve svých studiích o línovi např. VÁCHA; TVRZICKÁ (1998), QUIRÓS; ALVARIÑO (1998), STEFFENS ET AL. (1998), BUCHTOVÁ ET AL. (2004). Byly zde také zastoupeny n-6 (linolová kys., 18:2n-6) a n-3 (α -linolenová kys., 18:3n-3) mastné kyseliny, a rovněž

kyselina arachidonová (20:4 n-6), kyselina eikosapentaenová (20:5 n-3) a kyselina dokosahexaenová (22:6 n-3).

Vztah mezi výživou línů a složením mastných kyselin, zvláště PUFA, byl studován řadou autorů, např. QUIRÓS; ALVARIÑO (1998), STEFFENS ET AL. (1998) VÁCHA; TVRZICKÁ (1998), kteří poukazovali na okamžitý účinek typu a kvality potravy přijímané rybami (BUCHTOVÁ ET AL., 2004). Celkové složení mastných kyselin línů bylo částečně pozmeněno lipidovými zdroji v dietě, jak je dobře známo u jiných druhů ryb krmených rozličnými zdroji lipidů (GUILLOU ET AL., 1995; SARGENT ET AL., 2002; TURCHINI ET AL., 2003).

Nasyčené mastné kyseliny (SFA)

U obou kategorií a obou pohlaví nebyly zjištěny žádné výraznější rozdíly v obsahu celkových nasyčených mastných kyselin (SFA). Stejně tak ve studii JANKOWSKA ET AL. (2006) nebyly v obsahu SFA stanoveny statisticky významné rozdíly mezi skupinami. U T3+ samců bylo kvantitativní zastoupení přítomných SFA prakticky stejné (BUCHTOVÁ ET AL., 2004). U jednotlivých mastných kyselin se podařilo prokázat ($P < 0.05$) statistický rozdíl v případě kyseliny palmitové (SFA 16:0), obsah byl nejnižší u samic na přirozené potravě. Dle JANKOWSKA ET AL. (2006) nebyl dále zjištěn žádný signifikantní rozdíl u dominantní palmitové mastné kyseliny. U ryb krmených dietou doplněnou rostlinným olejem byla nižší úroveň SFA (ZAKĘŚ ET AL., 2009)

Mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA)

Mezi samci a samicemi u kategorie línů na komerčním krmivu nebyly v obsahu MUFA žádné signifikantní rozdíly ($P < 0.05$). U kategorie línů na přirozené potravě naopak obsahovala svalovina samců (34.28 ± 3.31 %) prokazatelně více MUFA než u samic (30.61 ± 6.16 %), u kterých byla hodnota MUFA nižší průměrně o 3.67 %. U kategorie línů krmených komerčním krmivem byl obsah MUFA vyšší řádově o 12.08 % na rozdíl od samic na přirozené potravě. Vyšší množství MUFA u kategorie línů z recirkulačního systému byla způsobena přijímaným krmivem. Podle JANKOWSKA ET AL. (2006) obsahovalo maso línů krmených komerčním krmivem o 14.25% více MUFA.

CSENGERI; FARKAS, (1993) a WIRTH; STEFFENS, (1996) ohlásili, že běžně využívané příkrmování ryb v rybnících obilninami, krmivem bohatým na sacharidy, zvyšuje ve svalovině ryb zastoupení MUFA na úkor PUFA.

Signifikantní rozdíly ($P < 0.05$) vykázala 18:1n-9 (olejová kys.), kdy byl vyšší obsah u línů krmených komerčním krmivem (25.74 ± 0.62) oproti línům na přirozené potravě (16.29 ± 2.45), u gadolejové kyseliny byl rovněž vyšší obsah. Rozdíl byl taktéž prokázán ($P < 0.05$) u 16:1n-9 (palmitolejová kys.), ale jen v případě samců a samic na přirozené potravě. Ve výzkumu JANKOWSKA ET AL. (2006) byl prokázán u línů na komerčním krmivu vyšší obsah nejhojnější mastné kyseliny 18:1cis9 ($19.51\% \pm 0.31$) oproti línům na přirozené potravě ($12.76\% \pm 0.45$). Maso lína z intenzivního chovu obsahovalo i více 16:1 (palmitolejová kys.), 20:1n-9 (gadolejová kys.).

Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA)

Nejvyšší procentuální obsah PUFA byl determinován u samic na přirozené potravě (32.41 ± 5.59 %), v této kategorii převažoval i u samců (27.00 ± 2.84 %) nad kategorií línů krmených komerčním krmivem (samci 25.75 ± 1.27 % a samice 25.49 ± 0.75 %). Mezi kategoriemi línů na rozdílných dietách byl u línů na přirozené potravě obsah PUFA vyšší o 4,1% než u línů na komerčním krmivu (29.71 ± 4.99 % oproti 25.62 ± 1.01 %). Rovněž JANKOWSKA ET AL. (2006) uvádí vyšší obsah PUFA u línů na přirozené potravě, kdy mělo maso línů na přirozené potravě o 13,3% více PUFA ve srovnání s línem na komerčním krmivu (46.92 ± 0.99 % oproti 33.62 ± 0.59 %). AHLGREN ET AL. (1994) publikoval ve své studii hodnotu 44.48 % celkového obsahu PUFA u línů na přirozené potravě.

Rozdíl byl taktéž determinován ($P < 0.05$) mezi pohlavím u línů na přirozené potravě, kdy obsah PUFA u samic převažoval řádově o 5.41 % nad samci.

BUCHTOVÁ ET AL. (2004) stanovili, že různé úrovně nasycení organismu některými dalšími živinami působí jak na zpětnou vazbu a jiné metabolické procesy, tak také na aktivitu odpovídajících enzymů (elongáza, $\Delta 4,5,6$ -desaturáza). Následně na syntézu jednotlivých PUFA a jejich dalších metabolických transformací. Aktivita těchto enzymů je negativně ovlivněná hlavně deficitem vitamínů B6 a H (biotinu) a minerály Zn, Mg a Ca. VELÍŠEK (1999) uvádí, že jsou také specifické elongázy a desaturázy negativně ovlivněny vyššími příjmy *trans*-nenasycených mastných kyselin a strukturálními izomery přirozených nenasycených mastných kyselin v potravě, dále některými jinými faktory jako např. věk, stres a virové infekce. Nižší obsah PUFA vyplýval v první řadě z rozdílů v zastoupení n-6 PUFA a do menší míry n-3 PUFA (JANKOWSKA ET AL., 2006).

Polynenasycené mastné kyseliny řady n-6 (n-6 PUFA)

V kategorii línů krmených komerčním krmivem byl u samců (16.04±1.17 %) i samic (14.87±0.67 %) stanoven vyšší obsah n-6 PUFA vzhledem k samcům (12.71±0.57 %) a samicím (14.25±2.17 %) v kategorii línů na přirozené potravě. Největší rozdíl byl prokázán mezi samci obou kategorií rozdílných diet (o 3.69 %).

Naopak tomu bylo ve studii JANKOWSKA ET AL. (2006), kde mělo maso línů na komerčním krmivu nižší obsah ($P < 0.01$) PUFA o 9,37 % ve srovnání s líný na přirozené potravě (6.83±0.12 % oproti 16.02±1.10 %), podobně (o 5.3 %) uvádí ve svých výsledcích STEFFENS ET AL. (1998) 8.5 % oproti 13.8 %.

U línů na přirozené potravě byl procentuální obsah n-6 PUFA nižší u samců než samic, na rozdíl od línů krmených komerčním krmivem, kde tomu bylo naopak.

Signifikantní rozdíly ($P < 0.05$) vykázala 18:2n-6 (linolová kys.), kdy byl vyšší obsah u samců i samic krmených komerčním krmivem (14.94±1.09 %) než u samců a samic na přirozené potravě (9.51±1.54 %). Dle JANKOWSKA ET AL. (2006) se u této kyseliny obsah mezi skupinami línů na komerčním krmivu a na přirozené potravě statisticky ($P > 0.01$) nelišil (5.76 % oproti 5.76 %). V případě 20:4n-6 (arachidonová kys.) byl vyšší obsah u samců i samic na přirozené potravě (3.49±1.51 % oproti 0.39±0.05 %; $P < 0.05$). JANKOWSKA ET AL. (2006) uvádí také větší obsah arachidonové kyseliny v mase ryb na přirozené potravě (8.92% oproti 0.58 %; $P < 0.01$).

Polynenasycené mastné kyseliny řady n-3 (n-3 PUFA)

Obsah Σ n-3 PUFA u línů na přirozené potravě dosahoval vyšších hodnot u samců (14.29±2.83 %) i samic (18.16±4.55 %), vzhledem k samcům (9.72±0.62 %) a samicím (10.63±0.65 %) na komerčním krmivu. Nejvyšší množství n-3 PUFA bylo prokázáno u samic na přirozené potravě ($P < 0.05$). U línů na přirozené potravě bylo mezi pohlavím množství prokazatelně rozdílné (3.87 %). U obou kategorií měly největší množství n-3 PUFA samice línů. Maso línů na komerčním krmivu mělo dle JANKOWSKA ET AL. (2006) nižší obsah n-3 PUFA o 5,2 % ve srovnání s líný na přirozené potravě. Ve výsledcích studie STEFFENS; WIRTH (2005) byl stanoven obsah n-3 PUFA jinak než u předešlých studií, líni krmeni suchou dietou vykázali nejvyšší procento těchto mastných kyselin (18.4 %), to je o 4,9 % více než u línů na přirozené potravě (13,5 %). Tyto rozdíly jsou přisuzovány s největší pravděpodobností

přijímanému krmivu a u samic by mohlo také jít o fyziologické rozdíly mezi pohlavím. Podle VÁCHA; TVRZICKÁ (1998) má pozitivní účinek na obsah n-3 PUFA v lipidech dostatek přirozené potravy (např. zooplanktonu a bentosu). STEFFENS ET AL. (1998) doplňuje, že jsou tyto mastné kyseliny obsažené v přirozené potravě v dostatečných množstvích (např. pšenice neobsahuje n-3 PUFA vůbec). Podle KUKAČKA ET AL. (2009) je možné docílit zvýšení n-3 PUFA ve svalovině ryb dotací krmiv komponenty s vysokým obsahem těchto mastných kyselin, především různých olejů.

V případě kyseliny α -linolenové (PUFA 18:3 n-3) byl vyšší obsah u samců i samic na přirozené potravě (3.12 % oproti 1.30 %). Vyšší obsah (3.66 % oproti 1.16 %) taktéž uvádí ve svém hodnocení JANKOWSKA ET AL. (2006) a dále udává, že maso lína odchovávaného na komerčním krmivu obsahovalo ($P < 0.01$) více 20:4n-3 (eikosatetraenová kys.) a méně 22:5n-3 (dokosapentaenová kys., DPA).

Prokazatelné rozdíly ($P < 0.05$) byly stanoveny mezi kategoriemi línů na rozdílné dietě u 20:5n-3 (eikosapentaenová kys., EPA), kdy byl obsah vyšší u samců i samic na přirozené potravě (4.30 ± 0.98 % oproti 2.22 ± 0.23 %). Dále byly prokázány rozdíly ($P < 0.05$) u kategorie na přirozené potravě mezi pohlavím. U 22:6n-3 (dokosahexaenová kys., DHA) nebyly prokázány žádné rozdíly ($P < 0.05$) mezi porovnávanými skupinami. STEFFENS ET AL. (1998) potvrdil vyšší obsah DHA v línovi krmeném komerčním krmivem oproti línům na přirozené potravě (1.2 % oproti 6.1 %). Podle JANKOWSKA ET AL. (2006) se obsah mezi skupinami línů na komerčním krmivu a na přirozené potravě statisticky ($P > 0.01$) nelišil u 20:5n-3 (7.38 % oproti 7.97 %), stejně tak u 22:6n-3 (12.91 % oproti 13.87 %). Detekce 20:4n6c, 20:5n3 PUFA ve studii BUCHTOVÁ ET AL. (2004) poukazuje v T3+ línovi na enzymatickou desaturaci a elongaci uhlíkových řetězců u starších věkových kategorií ryb, následkem příznivých životních podmínek během sezóny letního krmení.

Poměr polynenasycených mastných kyselin n-3/n-6

U línů ze zemních rybníčků byl stanoven poměr n-3/n-6 PUFA 1.2 na rozdíl od ryb z recirkulačního systému, kde byl 0.65. Tento poměr prokazatelně poukazuje na vyšší zastoupení n-3 PUFA v mase lína ze zemních rybníčků s přirozenou potravou, naopak intenzivně přikrmované ryby chované v recirkulačním systému mají vyšší zastoupení n-6 PUFA. Jinak tento poměr uvádí STEFFENS ET AL. (1998), kde se lín z intenzivního chovu vyznačuje vyšším podílem n-3 PUFA a nižším podílem n-6 PUFA

(2,2), ve srovnání s líny na přirozené potravě (1.0). Obdobně uvádí JANKOWSKA ET AL. (2006) v mase línů z recirkulačního systému a krmených komerčním krmivem téměř dvojnásobně vyšší poměr než u ryb odchovávaných v zemním rybníce (3.60 proti 1.93; $P < 0.01$). AHLGREN ET AL. (1994) uvádí poměr n-3/n-6 u lína na přirozené potravě 1.90. ZAKĘŚ ET AL. (2009) stanovil poměr n-3/n-6 PUFA 1.6 (krmivo doplněné o rybí olej) a 2.08 (krmivo doplněné lněným olejem). Poměr n-3/n-6 u pěti dietních ošetření (přídavky různých poměrů sojového a lněného oleje v komerčním krmivu) u lína porovnával TURCHINI ET AL. (2007), ten byl značně proměnlivý a v každém případě vyšší ve svalovině než v dietách, pohyboval se mezi 1.78 a 2.71. KUKAČKA ET AL. (2009) doporučili na základě výsledků studie jako nejvhodnější zdroj n-3 PUFA nerafinovaný lněný olej, který obsahuje více než 30 % n-3 PUFA. U ryb krmených krmivem s šesti procentním přídavkem tohoto oleje došlo k průkaznému zvýšení hodnot zastoupení α -linolenové kys., PUFA, n-3 PUFA i n-3/n-6 PUFA.

6 ZÁVĚR

Výsledky diplomové práce vykazují, že se v některých případech může měnit míra variability složení lipidů mezi kategoriemi línů na rozdílné dietě, ale také mezi pohlavími línů uvnitř každé kategorie.

Závěrem lze podotknout, že rozdílná dieta ovlivnila výtěžnost, chemické složení a obsah mastných kyselin lína obecného. Ryba krmena komerčním krmivem měla nižší výtěžnost než na přirozené potravě (u samců 90.6% a samic 85% oproti samcům 94% a samicím 86%), která byla dána hmotností vnitřností, gonád a viscerálního tuku. Aplikací komerčního krmiva se oproti přirozené potravě zvýšil obsah sušiny (23.94 ± 1.24 % oproti 19.66 ± 0.82 %), hrubého tuku (24.81 ± 4.51 % oproti 6.14 ± 2.85 %), ale zároveň se snížil obsah hrubého proteinu (60.24 ± 2.82 % oproti 72.12 ± 1.75 %) a popelovin (7.55 ± 1.28 % oproti 10.54 ± 1.53 %).

Aplikací komerčního krmiva se také změnilo množství mastných kyselin v mase línů, kdy se zvýšil obsah MUFA ($42,69 \pm 1,17$ % oproti $32,45 \pm 5,07$ %) a n-6 PUFA ($15,45 \pm 1,07$ % oproti $13,48 \pm 1,69$ %), ale zároveň se snížil i obsah PUFA ($25,62 \pm 1,01$ % oproti $29,71 \pm 4,99$ %) a n-3 PUFA ($10,17 \pm 0,75$ % oproti $16,23 \pm 4,09$ %).

U línů ze zemních rybníčků byl stanoven poměr n-3/n-6 polyenových mastných kyselin 1.2; u ryb z recirkulačního systému 0.65. Tento poměr prokazatelně poukazuje na vyšší zastoupení n-3 mastných kyselin v mase lína ze zemních rybníčků s přirozenou potravou, naopak intenzivně přikrmované ryby chované v recirkulačním systému mají vyšší zastoupení n-6 polyenových mastných kyselin.

Z dietetického hlediska dosáhla nejlepších výsledků v této studii samice lína ze zemních rybníčků na přirozené potravě. Její svalovina měla vyšší výtěžnost než samice na komerčním krmivu, nejvíce hrubého proteinu a popelovin ze všech testovaných skupin ryb. Svalovina obsahovala nejméně hrubého tuku, z toho relativně vyrovnanou hladinu SFA s ostatními skupinami ryb, nejnižší obsah MUFA a nejvyšší obsah PUFA. Z těchto PUFA měla nejmenší obsah n-6 po samci na přirozené potravě a nejvyšší obsah n-3 PUFA ze všech testovaných skupin ryb. V návaznosti na tuto skutečnost dosáhla samice lína obecného na přirozené potravě nejlepšího poměru $\Sigma n-3 / \Sigma n-6$ PUFA.

V dnešní době není dobrá strava významná jen z kvantitativního hlediska, ale také z hlediska kvalitativního. Lidé chtějí konzumovat jídlo s garantovanou kvalitou,

které jim poskytnou všechny požadované živiny. Mastné kyseliny rybích tuků jsou bohaté na n-3 PUFA, které mají u lidí v rozhodujících fyziologických procesech zásadní význam.

Chovem lina obecného v extenzivním systému sladkovodní akvakultury by se mohl zvětšit výsledný potenciál růstu výživné hodnoty rybího masa. Extenzivní produkce by mohla být blízká organické produkci. Navíc, označení jako "biopotravina" zřejmě zvedne cenu ryb na trhu a také zvýší zájem spotřebitelů. Změna krmných a odchovných systémů také umožňuje produkci ryb s vyšší výživnou hodnotou.

Zastoupení mastných kyselin je důležité, zvláště u chovaných ryb, a může se značně měnit, jak bylo demonstrováno v tomto výzkumu. Tyto změny závisí na rozdílech mezi technologiemi chovu a zvláště na povaze přijaté potravy.

Pokud je aplikováno komerční krmivo, které bylo použito v tomto výzkumu, růst a hmotnost línů se zvýší, ale naopak se sníží biologická hodnota výsledného rybího masa. Kvalita masa je založena na obsahu lehce stravitelných proteinů a především přítomnosti PUFA řady n-3. Tyto látky působí preventivně proti řadě civilizačních chorob a mají pozitivní účinek při jejich léčbě.

7 POUŽITÁ LITERATURA

1. ADÁMEK, Z.; SUKOP, I.; MORENO RENDÓN, P.; KOUŘIL, J. *Food competition between 2+ tench (Tinca tinca L.), common carp (Cyprinus carpio L.) and bigmouth buffalo (Ictiobus cyprinellus Val.) in pond polyculture.* J. Appl. Ichthyol. 19. Berlin: Blackwell Verlag, 2003. Pp. 165–169. ISSN 0175–8659.
2. AHLGREEN, G.; BLOMQUIST, P.; BOBERG, M.; GUSTAFSSON, I. B. *Fatty acid content of the dorsal muscle – an indicator of fat quality in freshwater fish.* J. Fish Biology, 45, 1994. Pp. 131 – 157.
3. AHLGREEN, G.; SONENSTEN, L.; BOBERG, M.; GUSTAFSSON, I. B. *Fatty acids content of some freshwater fish in lakes of different trophic levels a bottom up effect?* Ecol. Freshwat. Fish. vol. 5, 1, 1996. Pp. 15-27.
4. BARBER, M. D.; FEARON, K. C.; ROSS, J. A. *Eicosapentaenoic acid modulates the immune response but has no effect on a mimic of antigen-specific responses.* Nutrition, 5, 2005. Pp. 588 – 593.
5. BIENIARZ, K.; BOROWIEC, F.; OKONIEWSKI, Z. *Fat, fatty acids and cholesterol content in the muscles of carp (Cyprinus carpio L.) under different feeding conditions.* Rozc. Nauk. Zoot. 12, 2001. Pp. 129 – 135.
6. BUCHTOVÁ, H.; SVOBODOVÁ, Z.; FLAJŠHANS, M.; VORLOVÁ, L. *Analysis of growth, weight and relevant indices of diploid and triploid population of tench (Tinca tinca, Linnaeus 1758).* Aquaculture Research, 34, 2003. Pp. 719 – 726.
7. BUCHTOVÁ, H.; SMUTNÁ, M.; VORLOVÁ, L.; SVOBODOVÁ, Z.; FLAJŠHANS, M. *Fatty Acid Composition of Diploid and Triploid Populations of Tench (Tinca tinca Linnaeus 1758).* Brno: Acta Vet, 73, 2004. 235 – 245.
8. CELADA, J. D.; CARRAL, J. M.; RODRÍGUEZ, R.; SÁEZ-ROYUELA, M.; AGUILERA, A.; MELENDRE, P. M.; MARTÍN, J. *Tench (Tinca tinca L.) larvae rearing under*

- controlled conditions: density and basic supply of Artemia nauplii as the sole food.* Aquacult. Int. 15, 2007. Pp. 489 – 495.
9. CSENGERI, I.; FARKAS, T. *Effect of essential fatty acid deficient diets on the carcass acids and membrane viscosity in the common carp.* In: *Proceeding of EIFAC Workshop on Methodology for Determination of Nutrient Requirements in Fish.* Eichenau, Abstract, 1993. 62 p.
 10. ČÍTEK, J.; KRUPAUER, V.; KUBŮ, F. *Rybníkářství.* Vyd. 3. Praha: Informatorium, 1998. 306 p. ISBN 80-86073-37-8.
 11. DEMAISON, L.; MOREAU, D. *Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease related mortality: a possible mechanism of action.* Cell Mol. Life Sci., 59, 2002. Pp. 463 – 477.
 12. DUBSKÝ, K.; KOUŘIL, J.; ŠRÁMEK, V. *Obecné rybářství.* Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2003. 308 p. ISBN 80-7333-019-9.
 13. FAJMONOVÁ, E.; ZELENKA, J.; KOMPRDA, T.; KLADROBA, D.; ŠARMANOVÁ, J. *Effect of sex, growth intensity and heat treatment on fatty acid composition of common carp (Ciprinus carpio) filets.* Czech Journal of Animal Science, 48, 2003. Pp. 85 – 92.
 14. FARQUHARSON, J.; COCKBURN, R.; PATRICK, W. A. ET AL. *Infant cerebral cortex phospholipids fatty-acid composition and diet.* Lancet, 340, 1992. Pp. 810 – 813.
 15. FIALOVÁ, L. *Mastné kyseliny: Charakteristika, třídění, význam.* Učební materiál [on-line]. Ústav lékařské biochemie 1. lékařské fakulty University Karlovy v Praze, 2005 [cit. 2010-4-10]. 14 p. Dostupné z www: <http://che1.lf1.cuni.cz/html/cz_stud_syll_anim.html>.
 16. FRANCIS, D. S.; TURCHINI, G. M.; JONES, P. L.; DE SILVA, S. S. *Effects of dietary oil source on growth and fillet fatty acid composition of Murray cod, Maccullochella peelii peelii.* Aquaculture, 253, 2006. Pp. 547–556.

17. FREJ, D. *Zdravé tuky omega: chrání před nemocemi srdce, rakovinou, cukrovkou a podporují hubnutí*. Praha: EB, 2004. 166 s. ISBN 80-903234-1-3.
18. GUILLAUME, J.; KAUSHIK, S.; BERGOT, P.; MÉTAILLER, R. *Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans*. Ed. 1. Chichester: Praxi Publishing Ltd., 2001. 408 p.
19. GUILLOU, A.; SOUCY, P.; KHALIL, M.; ABAMBOUNOU, L. *Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*)*. *Aquaculture*, 136, 1995. Pp. 351 – 362.
20. GUO, G.; DONG, S.; Zhao, W.; Chen, W. *Fatty Acid Composition of Plankton and Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*) in Freshwater Ponds*. *Clean Journal*, 36 (2), 2007. Pp. 209 – 215.
21. HANEL, L.; LUSK, S. *Ryby a mihule České republiky: Rozšíření a ochrana*. Vyd. 1. Vlašim: Český svaz ochránců přírody, 2005. 448 p. ISBN 80-86327-49-3.
22. HARRIS, W. S. *Extending the cardiovascular benefits of omega-3 fatty acids*. *Curr. Atheroscler. Rep.* 7, 2005. Pp. 375 – 380.
23. HENDERSON, R. J.; TOCHER, D. R. *The lipid composition and biochemistry of freshwater fish*. *Prog. Lipid Res.*, 26, 1987. Pp. 281 – 347.
24. HENRYK, T.; EWA, G.; MALGORZATA, B. ET AL. *The effect of alcoxylglycerols, squalene and n-3 fatty acid on some innate immunity parameters in healthy people*. *Pol. Merkur. Lekarski*, 105, 2005. Pp. 303 – 306.
25. HIGGS, D. M.; DONG, F. M. *Lipids and fatty acids*. In: STICKNEY, R. R. *Encyclopedia of aquaculture*. New York: John Wiley & Sons, 2000. Pp. 476–496. ISBN: 978-0-471-29101-5.
26. HORN, M. H. *Feeding and digestion*. In: EVANS, D. H. *The physiology of fishes*. Ed. 2. Boca Raton (USA): CRC Press, 1997. Pp. 43 – 63. ISBN 0-8493-8427-3.

27. HORROBIN, D. E. *Schizophrenia as a membrane lipid disorder which is expressed throughout the body*. Prostaglandins, Leukotr., Essent. Fatty Acids, 55, 1996. 3 – 7.
28. INGR, I. *Hodnocení a zpracování ryb*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1994. 106 p. ISBN 80-7157-115-6.
29. INGR, I. *Produkce a zpracování masa*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 202 p. ISBN 80-7157-719-7.
30. INGR, I. *Jakost a zpracování ryb*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 107 p. ISBN 80-7157-804-5.
31. JANEČEK, V.; PŘIKRYL, I.; KEPR, T. *Experimental rearing of threeyear-old carp in mixed culture with tench*. Vodňany: VÚRH, 17, 1988. Pp. 87 – 99.
32. JANKOWSKA, B.; ZAKĘŚ, Z.; ŻMIJEWSKI, T.; SZCEPKOWSKI, M.; WUNDERLICH, K. *The impact of diet on the slaughter yield, proximate composition, and fatty acids profile of fillets of tench (*Tinca tinca* (L.))*. Archives of Polish Fisheries, vol. 14, 2006. Pp. 195 – 211.
33. JAVORSKÝ, P.; KRECMER, F. *Chemické rozborý v zemědělských laboratořích*. Díl 2., část 4. Praha: MZVŽ ČSR, 1987. Pp. 90 – 94.
34. JELÍNEK, P.; KOUDELKA, K. ET AL. *Fyziologie hospodářských zvířat*. Vyd 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 414 p.
35. JOBLING, M. *Nutrient partitioning and the influence of feed composition on body composition*. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. *Food intake in fis* (Eds.). Oxford: Blackwell Science Ltd, 2001. Pp. 354 – 375.
36. KALAČ, P.; ŠPIČKA, J. *Složení lipidů sladkovodních ryb a jejich význam v lidské výživě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2006. 57 p. ISBN 80-7040-901-0.

37. KAMLER, E.; MYSZKOWSKY, L.; KAMIN´SKI, R.; KORWIN-KOSSAKOWSKI, M.; WOLNICKI, J. *Does overfeeding affect tench *Tinca tinca* (L.) juveniles?* *Aquacult. Int.* 14, 2006. Pp. 99 – 111.
38. KELLY, C. *Dietary fat and cardiovascular disease.* Health Professionals, n.1. United Kingdom: British nutrition foundation, 2001. ISBN: 2-7380-1005-9.
39. KINGSBURY, K. J.; MORGAN, D. M.; STOVOLD, R. ET AL. *Polyunsaturated fatty acids and myocardial infarction. Follow-up of patients with aortoiliac and femoropopliteal atherosclerosis.* *Lancet*, 2, 1969. Pp. 1321 – 1325.
40. KMÍNKOVÁ, M.; WINTEROVÁ, R.; KUČERA, J. *Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues.* *Czech Journal of Food Sciences*, 19, 2001. Pp. 177 – 181.
41. KUBŮ, F.; KOUŘIL, J. *Tench.* Praha: ČRS, 1985. 100 p.
42. KUKAČKA, V.; CHALOUPKOVÁ, L.; FIALOVÁ, M.; KOPP, R.; MAREŠ, J. *The influence of linseed oil and fish oil supplements to the fatty acid spectrum of common carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle.* *Acta univ. agric. et silv. Mendel. Brun.*, LVII, No. 5, 2009. Pp. 183 – 192. ISSN: 1211-8516.
43. KUKAČKA, V.; FIALOVÁ, M.; KOPP, R.; HUDA, J.; MAREŠ, J. *Dynamika změn spektra mastných kyselin ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) po aplikaci přídatku různých olejů do krmiva – provozní ověření.* In: KOPP, R. "60 let výuky rybářské specializace na MZLU v Brně". Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Pp. 84 – 89. ISBN 978-80-7375-358-0.
44. KYLE, D.J.; SCHAEFER, E.; PATTON, G.; BEISER, A. *Low serum docosahexaenoic acid is a significant risk factor for Alzheimer's dementia.* *Lipids*, 34, 1999. Pp. 245.
45. MORRIS, P. C. *The effect of nutrition on the composition of farmed fish.* In: KESTIN, S. C.; WARRISS, P. D. (Eds.). *Farmed fish quality.* London (UK): Fishing News Books. Blackwell, 2001. Pp. 161–179.

46. MOUREK, J. *OMEGA-3 mastné kyseliny, přehled účinků a jejich interpretace*. In: MOUREK, J. ET AL. *Mastné kyseliny omega-3: zdraví a vývoj*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2007. Pp. 13 – 43. ISBN 978-80-7254-917-7.
47. MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; MAYES, P. A.; PODWELL, V. *Harperova biochemie*. Vyd. 3. Praha: H & H, 2001. 872 p. ISBN 80-7319-003-6.
48. PEKAŘ, Č.; KRUPAUER, V. *Food relationships between two-yearold carp and tench in mixed multispecies stock*. Vodňany: VÚRH, 8, 1968. Pp. 29 – 54.
49. PHILPOTT, M.; FERGUSON, L. R. *Immunonutrition and cancer*. *Mutat. Res.*, 551, 2004. Pp. 29 – 42.
50. PIPEK, P.; POUR, M. *Hodnocení jakosti živočišných produktů*. Praha: KUFŘ, Česká zemědělská univerzita v Praze, 1998. 139 p. ISBN 80-213-0442-1.
51. QUIRÓS, M.; ALVARIÑO, J. M. R. *Major fatty acid composition and lipid content in tench (*Tinca tinca*). A comparison between two different culture systems*. *Pol Arch. Hydrobiol*, 45, 1998. Pp. 347 – 351.
52. QUIRÓS, M.; NICODEMUS, N.; ALONSO, M.; BARTOLOMÉ, M.; ECIJA, J. L.; ALVARIÑO, J. M. R. *Survival and changes in growth of juvenile tench (*Tinca tinca* L.) fed defined diets commonly used to culture noncyprinid species*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19 (3), 2003. Pp. 149 – 151.
53. RONDÁN, M.; HERNÁNDEZ, M. D.; EGEEA, M. A.; GARCÍA, B.; RUEDA, F. M.; MARTÍNEZ, F. J. *Effect of feeding rate on fatty acid composition of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*)*. *Aquaculture Nutrition*, 10, 5, 2004. Pp. 301 – 307.
54. ROY, R.; FODOR, E.; KITAJKA, K.; FARKAS, T. *Fatty acid composition of the ingested food only slightly affects physicochemical properties of liver total phospholipids and plasma membranes in cold-adapted freshwater fish*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20, 1999. Pp. 1 – 11.

55. RUDIN, D. O. *The major psychoses and neuroses as omega-3 essential fatty acid deficiency syndrome: substrate pellagra*. Biol. Psychiatr., 16, 1981. Pp. 837 – 849.
56. RUST, M. B. *Nutritional physiology*. In: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. *Fish nutrition*. Ed. 3. San Diego (California): Academic press, 2002. Pp. 367 – 452. ISBN 0-12-319652-3.
57. SARGENT, J. R.; BELL, M. V.; HENDERSON, R. J. *Protists as sources of (n-3) polyunsaturated fatty acids for vertebrate development*. In: BRUGEROLLE, G.; MIGNOT, J. P. *Protistological Actualities*. Clermont-Ferrand (France): Proceedings of the Second European Congress of Protistology, 1995. Pp. 54–64.
58. SARGENT, J. R.; TOCHER, D. R.; BELL, J. G. *The lipids*. In Halver, J. E.; Hardy, R. W. *Fish nutrition*. Ed. 3. San Diego (California): Academic press, 2002. Pp. 181 – 257. ISBN 0-12-319652-3.
59. SIMOPOULOS, A. P. *Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development*. American Journal of Clinical Nutrition, 54, 1991. Pp. 438-463.
60. STEFFENS, W. *The tench (Tinca tinca L.), a neglected pond fish species*. Pol. Arch. Hydrobiol. 42 (1–2), 1995. Pp. 161 – 180.
61. STEFFENS, W. *Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans*. Aquaculture, 151, 1-4, 1997. Pp. 97-119.
62. STEFFENS, W.; WIRTH, M.; FÜLLNER, G. *Fatty acid composition of tench (Tinca tinca L.) under different nutritional conditions*. Pol. Arch Hydrobiol, 45, 3, 1998. Pp. 353 – 359.
63. STEFFENS, W.; WIRTH, M. *Freshwater fish – an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: a review*. Archives of Polish Fisheries, vol. 13, fasc. 1. Olsztyn (Poland): Inland Fisheries Institute, 2005. Pp. 5 – 16. ISSN 1230-6428.
64. ŠMÍDOVÁ, L.; NEDBALOVÁ, M. *Výživa a dosažitelnost mastných kyselin*. In: MOUREK, J.; NEDBALOVÁ, M.; ŠMÍDOVÁ, L.; MYDLILOVÁ, A. *Mastné kyseliny*

- Omega-3 – Zdraví a vývoj*. Praha: Triton, 2007. Pp. 123 – 163. ISBN 978-80-7254-917-7.
65. TURCHINI, G. M.; MENTASTI, T.; FROYLAND, L.; ORBAN, E.; CAPRINO, F.; MORETTI, V. M. *Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (Salmo trutta L.)*. *Aquaculture*, 225, 2003. Pp. 251 – 267.
66. TURCHINI, G. M.; MORETTI, V. M.; MENTASTI, T.; ORBAN, E.; VALFRÈ, F. *Effects of dietary lipid source on fillet chemical composition, flavour volatile compounds and sensory characteristics in the freshwater fish tench (Tinca tinca L.)*. *Food Chemistry*, 102, Elsevier, 2007. Pp. 1144 – 1155.
67. VACÍK, J. *Přehled středoškolské chemie*. Vyd. 2. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 1999. 365 p. ISBN 80-7235-108-7.
68. VAN DEN THILLART, G.; VIANEN, G.; ZAAGSMA, J. *Adrenergic regulation of lipid mobilization in fishes; a possible role in hypoxia survival*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 27, 2002. Pp. 189 – 204.
69. VANCE, D. E. In: VANCE, D. E.; VANCE, J. E. *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes*. *New Comprehensive Biochemistry*, 20. Amsterdam: Elsevier, 199. Pp. 205 – 214.
70. VÁCHA, F. *Zpracování ryb*. Vid. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2000. 118 p. ISBN 80-7040-403-5.
71. VÁCHA, F.; TVRZICKÁ, E. *Polyunsaturated fatty acid proportion in fat of tench (Tinca tinca) under different rearing conditions*. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 45, 1998. Pp. 337 – 346.
72. VÁCHA, F.; BUCHTOVÁ, H. *Komodity akvakultury*. Vid. 1. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2005. 150 p. ISBN 80-7040-758-1.

73. VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Vid. 1. Tábor: OSSIS, 1999. 352 p. ISBN 80-902391-3-7.
74. VYHNÁNKOVÁ, L. *PUFA omega-3 a jejich působení*. *Pediatr. pro Praxi*, 3, 2007. Pp. 140 – 143.
75. WIRTH, M.; STEFFENS, W. *Zum Fettstoffwechsel von Speisekarpfen bei der Aufzucht auf Naturnahrungsbasis und mit Getreidezufütterung*. *Fischer und Teichwirt*, 47, 1996. Pp. 270 – 272. ISSN 0342-5703.
76. WOLNICKI, J.; MYSZKOWSKI, L.; KAMINSKI, R. *Effect of supplementation of a dry feed with natural food on growth, condition and size distribution of juvenile tench *Tinca tinca* (L.)*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 2003. Pp. 157 – 160.
77. WOLNICKI, J.; MYSZKOWSKI, L.; KORWIN-KOSSAKOWSKI, M.; KAMINSKI, R.; STANNY, L.A. *Effects of different diets on juvenile tench *Tinca tinca* (L.) reared under controlled conditions*. *Aquacult. Int.* 14, 2006. Pp. 89 – 98.
78. ZAKĘŚ, Z.; JANKOWSKA, B.; SYLWIA JARMOŁOWICZ .; ZMIJEWSKI, T.; PARTYKA, K.; DEMSKA- ZAKĘŚ, K. *Effects of different dietary fatty acids profiles on the growth performance and body composition of juvenile tench (*Tinca tinca* (L.))*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, Springer Netherlands, 2009. ISSN 1573-5184.
79. <http://www.linde-gas.cz/>. PLYNOVÁ CHROMATOGRFIE [online]. Praha: Linde Gas a.s., Oddělení Speciálních plynů, 2009 [cit. 2010-03-24]. Dostupné z www: <www.linde-gas.cz>.
80. <http://home.zf.jcu.cz/>. VYBAVENÍ [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 16. 09. 2009 [cit. 2010-03-24]. Dostupné z www: <<http://home.zf.jcu.cz/public/departments/kch/vyzkum/vybaveni/vybaveni.htm>>.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Přehled složení potravy u lína	str. 12
Tab. 2. Obsah hlavních živin ve 100g filetu s kůží lína obecného	str. 14
Tab. 3. Poživatelný podíl sladkovodních ryb a jeho složení	str. 14
Tab. 4. Hlavní nasycené mastné kyseliny	str. 21
Tab. 5. Hlavní mononenasycené mastné kyseliny	str. 23
Tab. 6. Polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech	str. 24
Tab. 7. Přehled <i>cis</i> – nenasycených vyšších mastných kyselin	str. 26
Tab. 8. Obsah vybraných mastných kyselin masa lína	str. 26
Tab. 9. Chemické složení krmiva	str. 32
Tab. 10. Obsah mastných kyselin v tucích krmiva	str. 32
Tab. 11. Produkční data	str. 38
Tab. 12. Parametry výtěžnosti	str. 39
Tab. 13. Chemické složení masa	str. 41
Tab. 14. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v mase lína	str. 45
Tab. 15. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v mase lína	str. 51

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Parametry tělesné hmotnosti	str. 40
Graf 2. Parametry výtěžnosti	str. 40
Graf 3. Výtěžnost masa línů	str. 41
Graf 4. Chemické složení masa línů	str. 42
Graf 5. Obsah sušiny v mase línů	str. 42
Graf 6. Obsah proteinů v mase línů	str. 43
Graf 7. Obsah hrubého tuku v mase línů	str. 44
Graf 8. Obsah popelovin v mase línů	str. 45
Graf 9. Složení mastných kyselin v mase	str. 46
Graf 10. Zastoupení celkových SFA v mase línů	str. 47
Graf 11. Zastoupení celkových MUFA v mase línů	str. 48
Graf 12. Zastoupení celkových PUFA v mase línů	str. 48
Graf 13. Zastoupení $\sum n-6$ a $\sum n-3$ v PUFA masa línů	str. 49
Graf 14. Obsah $\sum n-6$ PUFA v mase línů	str. 49
Graf 15. Obsah $\sum n-3$ PUFA v mase línů	str. 50
Graf 16. Poměr $\sum n-3/\sum n-6$ v mase línů	str. 51
Graf 17. Celkové složení mastných kyselin v mase línů	str. 52
Graf 18. Obsah $\sum n-6$ a $\sum n-3$ PUFA v mase línů	str. 52
Graf 19. Poměr $\sum n-3/\sum n-6$ v mase línů	str. 52

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Trávení lipidů u ryb podle RUSTA (2002)	str. 19
Obr. 2. GC Varian 3300	str. 36
Obr. 3. Grafické znázornění částí GC	str. 37

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA I.: Seznam zkratk

PŘÍLOHA II.: Statistické vyhodnocení Fisherovým LSD testem $p=0,05$ pro jednotlivé mastné kyseliny

PŘÍLOHA III.: Zjištěné hodnoty mastných kyselin 6 kusů od obou kategorií línů na rozdílné dietě a od obou pohlaví

PŘÍLOHA IV.: Vliv a působení nasycených, mononenasycených, n-3 a n-6 polynenasycených mastných kyselin na lidský organismus

PŘÍLOHA I.: Seznam zkratek

A – popeloviny (ash)

AA – arachidonová kyselina (arachidonic acid)

ALA – α -linolenová kyselina (α -linolenic acid)

CF – hrubý tuk (crude fat)

CL – cholesterol

COOH – karboxylová skupina

CP – hrubý protein (crude proteins)

DHA – dekosahexaenová kyselina (docosahexaenoic acid)

DM – obsah sušiny (dry matter)

EPA – eikosapentaenová kyselina (eicosapentaenoic acid)

FA (MK) – mastná kyselina (fatty acid)

FOH – mastné alkoholy (fatty alcohol)

HDL – lipoproteiny o vysoké hustotě (high-density lipoprotein)

HJOT – hmotnost jatečně opracovaného těla

LA – linolová kyselina (linoleic acid)

LDL – lipoproteiny o nízké hustotě (low-density lipoprotein)

LP – lysofosfolipidy (lysophospholipids)

MAG – monoacylglycerol

MUFA – mononenasyčené mastné kyseliny (monounsaturated fatty acids)

PL – fosfolipidy (phospholipids)

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (polyunsaturated fatty acids)

S – sterol

SFA – nasycené mastné kyseliny (saturated fatty acids)

TAG - triacylglycerol

VLDL – lipoproteiny o velmi nízké hustotě (very-low-density lipoprotein)

WE – estery vosků (wax esters)

PŘÍLOHA II.: Statistické vyhodnocení Fisherovým LSD testem $p=0,05$ pro jednotlivé mastné kyseliny

LSD test; proměnná 14:0 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,14091, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			1,9268	1,6655	2,9467	2,9221
1	1	m		0,241877	0,000136	0,000177
2	1	f	0,241877		0,000009	0,000011
3	2	m	0,000136	0,000009		0,910891
4	2	f	0,000177	0,000011	0,910891	

LSD test; proměnná 15:0 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01224, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,70611	,50189	,28394	,28216
1	1	m		0,004527	0,000002	0,000002
2	1	f	0,004527		0,002765	0,002593
3	2	m	0,000002	0,002765		0,978069
4	2	f	0,000002	0,002593	0,978069	

LSD test; proměnná 16:0 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,5732, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			18,444	16,171	18,912	18,827
1	1	m		0,023378	0,618819	0,683931
2	1	f	0,023378		0,007738	0,009511
3	2	m	0,618819	0,007738		0,927395
4	2	f	0,683931	0,009511	0,927395	

LSD test; proměnná nC17:0 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01362, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,78303	,75596	,16308	,15774
1	1	m		0,692183	0,000000	0,000000
2	1	f	0,692183		0,000000	0,000000
3	2	m	0,000000	0,000000		0,937572
4	2	f	0,000000	0,000000	0,937572	

LSD test; proměnná nC18:0 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,4391, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			3,6454	5,1036	2,1550	2,3398
1	1	m		0,048097	0,043800	0,074043
2	1	f	0,048097		0,000385	0,000720
3	2	m	0,043800	0,000385		0,792278
4	2	f	0,074043	0,000720	0,792278	

LSD test; proměnná nC20:0 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,00417, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,21241	,30882	,12127	,16219
1	1	m		0,017697	0,023931	0,193167
2	1	f	0,017697		0,000064	0,000826
3	2	m	0,023931	0,000064		0,285605
4	2	f	0,193167	0,000826	0,285605	

LSD test; proměnná C16:1c (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,5438, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			11,702	8,6105	10,468	10,581
1	1	m		0,020708	0,328160	0,373243
2	1	f	0,020708		0,146831	0,125071
3	2	m	0,328160	0,146831		0,927992
4	2	f	0,373243	0,125071	0,927992	

LSD test; proměnná C18:1n9 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,0942, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			16,522	16,057	25,869	25,617
1	1	m		0,694575	0,000000	0,000000
2	1	f	0,694575		0,000000	0,000000
3	2	m	0,000000	0,000000		0,831037
4	2	f	0,000000	0,000000	0,831037	

LSD test; proměnná C18:1n7 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,30671, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			5,4664	5,0172	3,7712	3,5491
1	1	m		0,175350	0,000034	0,000007
2	1	f	0,175350		0,000895	0,000177
3	2	m	0,000034	0,000895		0,495263
4	2	f	0,000007	0,000177	0,495263	

LSD test; proměnná C20:1n9 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,04838, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,59270	,92863	2,5807	2,9398
1	1	m		0,015524	0,000000	0,000000
2	1	f	0,015524		0,000000	0,000000
3	2	m	0,000000	0,000000		0,010397
4	2	f	0,000000	0,000000	0,010397	

LSD test; proměnná C18:2n6 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,0834, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			9,4154	9,5974	15,555	14,325
1	1	m		0,829375	0,000000	0,000009
2	1	f	0,829375		0,000001	0,000015
3	2	m	0,000000	0,000001		0,155477
4	2	f	0,000009	0,000015	0,155477	

LSD test; proměnná C20:4n6 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,3235, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			2,9786	4,0046	,37594	,41078
1	1	m		0,138076	0,000851	0,000962
2	1	f	0,138076		0,000024	0,000027
3	2	m	0,000851	0,000024		0,958695
4	2	f	0,000962	0,000027	0,958695	

LSD test; proměnná C22:5n6 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,05545, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,31782	,64671	,10548	,13171
1	1	m		0,025213	0,134014	0,186204
2	1	f	0,025213		0,000736	0,001154
3	2	m	0,134014	0,000736		0,848977
4	2	f	0,186204	0,001154	0,848977	

LSD test; proměnná C18:3n3 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,67861, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			3,5550	2,6886	1,3309	1,2680
1	1	m		0,083498	0,000145	0,000107
2	1	f	0,083498		0,009794	0,007285
3	2	m	0,000145	0,009794		0,896030
4	2	f	0,000107	0,007285	0,896030	

LSD test; proměnná C18:4n3 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,04497, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,68397	,59318	,40066	,40323
1	1	m		0,466979	0,031424	0,032818
2	1	f	0,466979		0,131541	0,136468
3	2	m	0,031424	0,131541		0,983504
4	2	f	0,032818	0,136468	0,983504	

LSD test; proměnná C20:4n3 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,01890, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			,77526	1,0074	,54095	,57474
1	1	m		0,008363	0,007877	0,020062
2	1	f	0,008363		0,000009	0,000025
3	2	m	0,007877	0,000009		0,674849
4	2	f	0,020062	0,000025	0,674849	

LSD test; proměnná C20:5n3 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,53476, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			3,8413	4,7496	2,1387	2,2948
1	1	m		0,043836	0,000652	0,001545
2	1	f	0,043836		0,000005	0,000011
3	2	m	0,000652	0,000005		0,715542
4	2	f	0,001545	0,000011	0,715542	

LSD test; proměnná C22:5n3 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,27527, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			1,3730	2,4533	,82378	,97666
1	1	m		0,001933	0,084850	0,205564
2	1	f	0,001933		0,000029	0,000092
3	2	m	0,084850	0,000029		0,619293
4	2	f	0,205564	0,000092	0,619293	

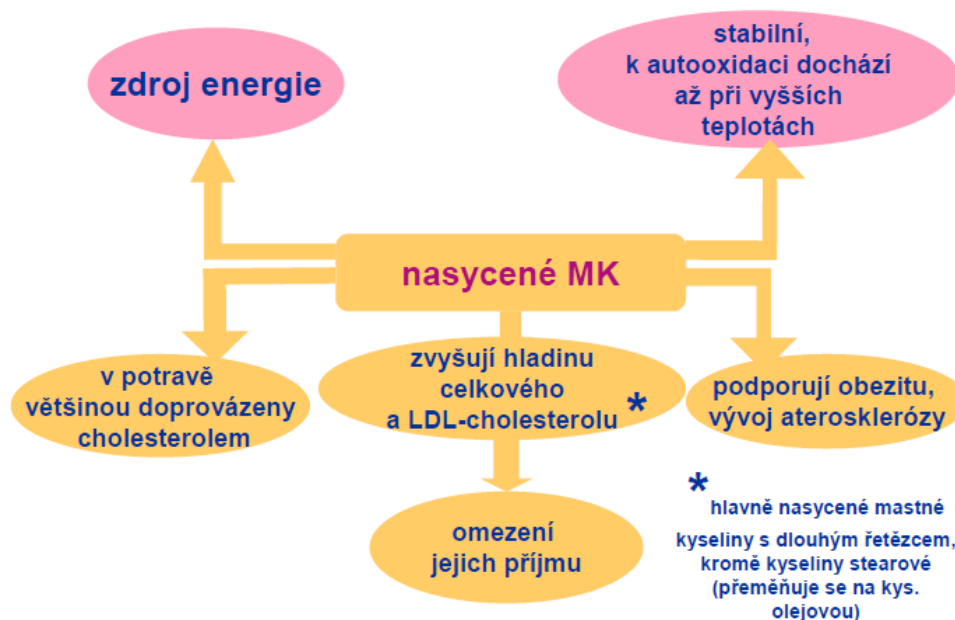
LSD test; proměnná C22:6n3 (lín 08) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 4,9410, sv = 20,000						
Č. buňky	diet	sex	{1}	{2}	{3}	{4}
			4,0624	6,6719	4,4820	5,1078
1	1	m		0,055506	0,747134	0,424930
2	1	f	0,055506		0,103412	0,237108
3	2	m	0,747134	0,103412		0,631115
4	2	f	0,424930	0,237108	0,631115	

PŘÍLOHA III.: Zjištěné hodnoty mastných kyselin 6 kusů od obou kategorií línů na rozdílné dietě a od obou pohlaví

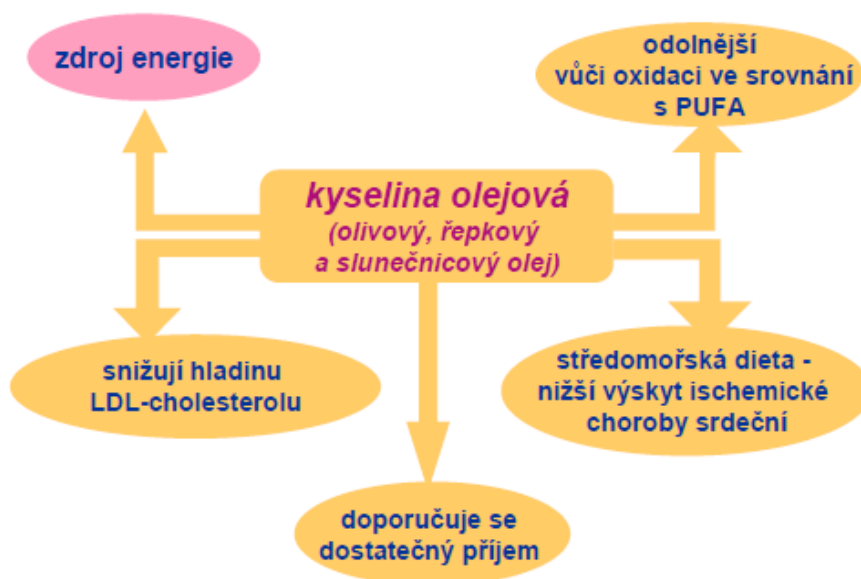
Potrava	Pohlaví	nC14:0	nC15:0	nC16:0	nC17:0	nC18:0	nC20:0	C16:1c	C18:1n9	C18:1n7	C20:1n9	C18:2n6	C20:4n6	C22:5n6	C18:3n3	C18:4n3	C20:4n3	C20:5n3	C22:5n3	C22:6n3
1	m	1,74	0,64	19,13	0,84	3,95	0,21	11,77	15,21	5,37	0,46	9,73	3,14	0,33	2,96	0,59	0,72	4,25	1,44	4,47
1	m	1,93	0,75	18,20	0,69	2,70	0,21	13,15	17,86	4,71	0,57	10,39	1,84	0,31	5,41	1,33	0,96	3,27	0,77	3,21
1	m	1,91	0,77	17,92	0,82	3,06	0,21	12,31	16,15	6,12	0,64	9,06	2,75	0,20	3,39	0,52	0,72	4,00	1,56	3,39
1	m	1,75	0,53	21,69	0,58	3,49	0,14	13,32	18,80	4,87	0,60	10,69	2,43	0,34	1,76	0,31	0,42	2,92	1,09	3,25
1	m	2,12	0,78	17,11	0,83	3,58	0,23	11,32	17,34	6,73	0,76	8,90	2,79	0,32	3,46	0,57	0,80	3,64	1,52	3,68
1	m	2,11	0,77	16,61	0,95	5,09	0,28	8,34	13,76	5,00	0,53	7,72	4,92	0,42	4,35	0,79	1,03	4,96	1,87	6,37
1	f	1,86	0,67	16,50	0,84	4,00	0,27	10,64	15,65	5,63	0,75	8,41	3,27	0,42	3,00	0,52	0,96	4,81	2,51	4,70
1	f	1,14	0,31	14,57	0,72	7,01	0,46	4,68	16,11	4,46	0,95	10,95	5,51	1,17	1,75	0,41	0,95	4,12	2,91	9,07
1	f	2,24	0,67	15,27	1,07	4,21	0,23	8,58	12,72	5,92	0,64	9,15	4,29	0,41	2,78	0,75	1,17	5,80	2,38	3,95
1	f	0,64	0,23	12,74	0,69	8,71	0,47	3,79	12,62	3,98	1,12	6,98	7,08	1,31	1,26	0,31	1,09	6,45	3,99	14,32
1	f	2,19	0,50	19,31	0,48	3,13	0,19	11,91	22,02	4,87	1,41	13,31	1,76	0,29	3,05	0,68	0,76	3,09	1,17	3,97
1	f	1,92	0,64	18,62	0,73	3,57	0,24	12,07	17,21	5,25	0,70	8,78	2,11	0,28	4,30	0,90	1,12	4,22	1,77	4,03
2	m	2,56	0,26	18,45	0,15	2,16	0,12	10,86	25,95	3,57	2,53	16,51	0,45	0,12	1,29	0,34	0,48	1,91	0,85	4,59
2	m	3,40	0,33	18,49	0,16	1,79	0,13	10,58	25,10	3,87	2,95	15,26	0,31	0,09	1,38	0,40	0,63	2,29	0,91	4,84
2	m	2,79	0,25	19,12	0,15	2,44	0,12	11,23	27,05	3,87	2,43	15,14	0,32	0,12	1,23	0,38	0,47	1,79	0,77	3,93
2	m	3,22	0,32	19,92	0,20	2,15	0,12	9,86	24,89	3,54	2,49	14,93	0,46	0,10	1,30	0,47	0,54	2,30	0,83	4,89
2	m	2,78	0,26	19,07	0,14	2,15	0,11	11,63	26,81	3,90	2,31	13,93	0,39	0,10	1,20	0,39	0,52	2,41	0,76	4,46
2	m	2,93	0,29	18,43	0,18	2,24	0,12	8,65	25,42	3,89	2,78	17,56	0,33	0,09	1,58	0,43	0,60	2,13	0,82	4,18
2	f	2,87	0,28	19,69	0,15	2,40	0,13	10,94	25,53	3,87	2,95	13,99	0,36	0,10	1,19	0,29	0,54	2,06	0,91	4,91
2	f	2,83	0,28	19,20	0,18	2,50	0,16	9,53	25,89	3,67	2,98	15,41	0,42	0,14	1,26	0,37	0,52	2,04	0,85	4,97
2	f	3,21	0,28	18,69	0,15	2,19	0,17	9,72	25,41	3,40	3,09	15,10	0,38	0,14	1,38	0,46	0,64	2,47	1,01	4,88
2	f	3,01	0,29	17,76	0,14	2,00	0,17	11,42	25,31	3,50	3,00	13,66	0,41	0,14	1,31	0,46	0,64	2,66	1,14	5,39
2	f	2,94	0,28	19,09	0,16	2,44	0,17	11,12	25,31	3,42	2,55	13,87	0,46	0,15	1,20	0,39	0,55	2,32	0,99	5,81
2	f	2,67	0,29	18,53	0,17	2,50	0,17	10,74	26,25	3,43	3,07	13,92	0,44	0,12	1,26	0,45	0,56	2,21	0,96	4,69

PŘÍLOHA IV.: Vliv a působení nasycených, mononenasycených, n-3 a n-6 polynenasycených mastných kyselin na lidský organismus (FIALOVÁ, 2005)

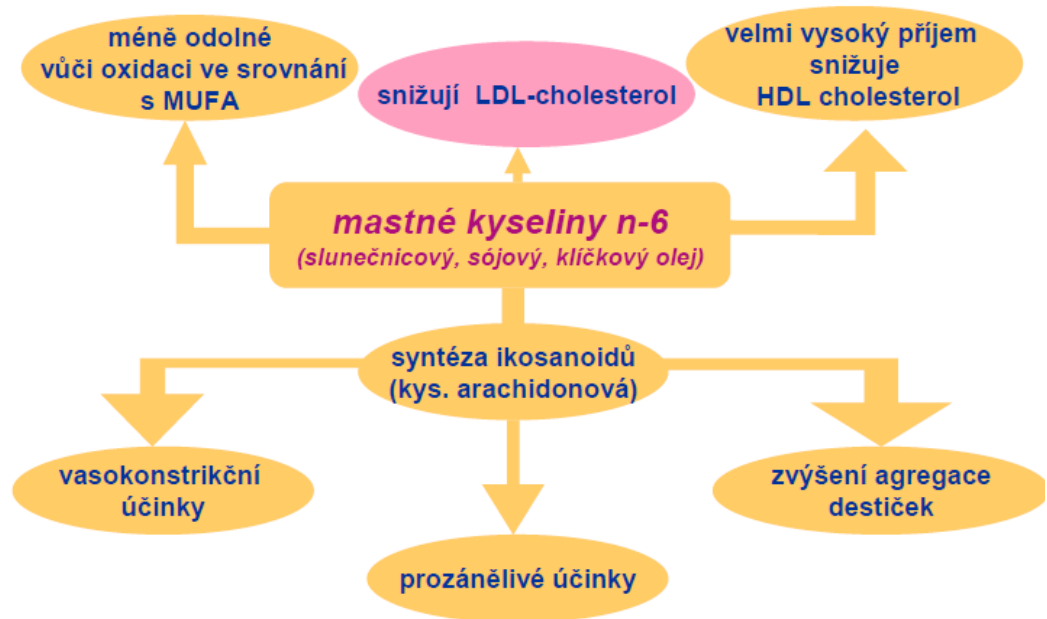
Účinky nasycených MK



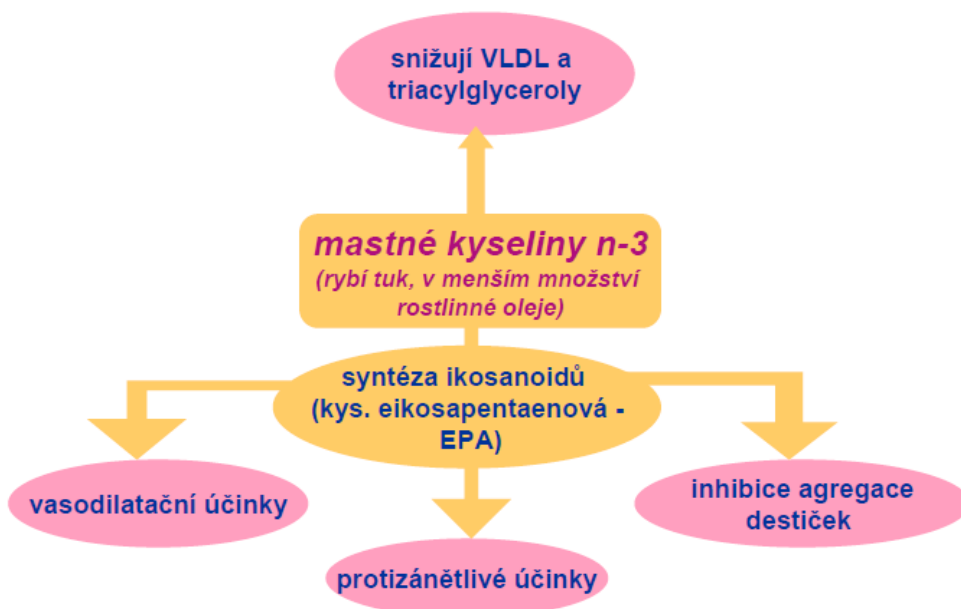
Kyselina olejová



Mastné kyseliny ω 6 (n-6)



Mastné kyseliny ω 3 (n-3)



**Posouzení vlivu výživy a technologie chovu na změny v kvalitě masa Lína
obecného (*Tinca tinca*)**

**Impact of nutrition and rearing technology on the changes of the quality of
common tench (*Tinca tinca*) meat**

Bc. Josef Příborský ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod.

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo určit dopad krmiva (přirozené potraviny a komerčního krmiva) na chemické složení a profil mastných kyselin testovaných ryb. Obsah sušiny rybího masa vyplývající z komerčního krmiva byl vyšší oproti přirozené potravě ($23.94 \pm 1.24\%$ oproti $19.66 \pm 0.82\%$) – v dusíkatých sloučeninách ($60.24 \pm 2.82\%$ oproti $72.12 \pm 1.75\%$), celkovém obsahu tuku ($24.81 \pm 4.51\%$ oproti $6.14 \pm 2.85\%$) a popelovinách ($7.55 \pm 1.28\%$ oproti $10.54 \pm 1.53\%$). Spektrum mastných kyselin bylo určeno plynovou chromatografií za použití přístroje Varian 3800. Krmení línů v recirkulačním systému mělo v masu průkazně vyšší zastoupení ($P < 0.05$) monoenoových mastných kyselin (MUFA = $43.04 \pm 1.68\%$) a n-6 polyenoových mastných kyselin (PUFA = $15.47 \pm 1.07\%$) ve srovnání s masem ryb pocházejících ze zemních rybníčků a využívající výhradně přirozenou potravu - MUFA ($32 \pm 5.29\%$) a n-6 PUFA ($13.6 \pm 1.66\%$). Línů živící se přirozenou potravou v zemních rybníčcích mají prokazatelně ($P < 0.05$) vyšší zastoupení n-3 PUFA ($16.8 \pm 4.38\%$) a Σ PUFA ($30.3 \pm 5.3\%$) než maso línů chovaných v recirkulačním systému - PUFA n-3 ($10.05 \pm 0.85\%$) a Σ PUFA ($25.52 \pm 1.07\%$). U línů ze zemních rybníčků byl stanoven poměr n-3/n-6 PUFA 1.2; u ryb z recirkulačního systému 0.65. Tento poměr prokazatelně poukazuje na vyšší zastoupení n-3 PUFA v masu línů ze zemních rybníčků na přirozené potravě, oproti intenzivně přikrmovaným a chovaným línům v recirkulačním systému, mající vyšší zastoupení n-6 PUFA.

Klíčová slova: lín obecný, mastné kyseliny, PUFA, výživa

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the impact of diet (natural and formulated feed) on the chemical composition and fatty acids profile of the harvested fish. The content of dry matter in fish flesh resulting from the formulated diet was higher vs. the natural diet ($23.94 \pm 1.24\%$ vs. $19.66 \pm 0.82\%$) with nitrogenous compounds ($60.24 \pm 2.82\%$ vs. $72.12 \pm 1.75\%$), total fat content ($24.81 \pm 4.51\%$ vs. $6.14 \pm 2.85\%$) and ash ($7.55 \pm 1.28\%$ vs. $10.54 \pm 1.53\%$) respectively. The spectrum of fatty acids was determined by gas chromatography using Varian 3800 equipment. Tench fed on a formulated diet in the recirculating system had a significantly higher content ($P < 0.05$) of monounsaturated fatty acid (MUFA = $43.04 \pm 1.68\%$) and n-6 polyunsaturated fatty acids (PUFA = $15.47 \pm 1.07\%$) in their flesh compared to the flesh of fish reared in earth ponds on a natural diet - MUFA ($32 \pm 5.29\%$) and n-6 PUFA ($13.6 \pm 1.66\%$). Tench fed on a natural diet in earth ponds proved to have a significantly higher content ($P < 0.05$)

of n-3 PUFA ($16.8 \pm 4.38\%$) and \sum PUFA ($30.3 \pm 5.3\%$) than tench reared in the recirculating system - PUFA n-3 ($10.05 \pm 0.85\%$) and \sum PUFA ($25.52 \pm 1.07\%$). The ratio n-3/n-6 for fish from earth ponds was 1.2; for fish from the recirculating system the ratio was 0.65. The results show a significantly higher composition of n-3 PUFA in flesh of tench from earth pond with natural food compared to fish on an intensive feeding diet in the recirculating system which showed a higher content of n-6 PUFA.

Key words: tench, fatty acids, PUFA, nutrition