

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA



Disertační práce

**Vliv výživy na vybrané kvalitativní vlastnosti masa tržního kapra
(*Cyprinus carpio* L.)**

Ing. Pavel Vejsada

Školitel:

doc. Ing. František Vácha, CSc.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra rybářství a myslivosti

2008

Úvodem bych rád poděkoval doc. Ing. Františkovi Váchovi, CSc. za odborné vedení doktorského studia a pomoc v nesnadných situacích doktorského studijního programu.

Děkuji doc. Ing. Jiřímu Špičkoví CSc. z katedry chemie a Ing. Dr. Miloslavu Kadlecovi, z katedry genetiky, šlechtění a výživy zvířat.

Poděkování patří také pracovníkům katedry rybářství a myslivosti za podporu a pomoc při realizaci experimentů.

Děkuji Rybářství Třeboň a.s. za podporu a získávání vzorků k analýzám.

Velmi děkuji také své rodině a přítelkyni za porozumění, podporu a toleranci v průběhu doktorského studia.

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury

V Českých Budějovicích dne 15.5. 2008

Obsah

1	ÚVOD	7
1.1	Hypotéza a cíle práce	8
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1	Nutriční hodnota rybího masa	9
2.2	Smyslové vlastnosti rybího masa	9
2.3	Chemické složení rybího masa	10
2.4	Lipidy ryb	10
2.5	Charakteristika mastných kyselin	11
2.6	Rozdělení PUFA podle charakteru uhlíkového řetězce	16
2.7	Trávení a metabolismus lipidů u ryb	17
2.8	Role mastných kyselin n-6 a n-3 v rybím mase ve výživě člověka	19
2.9	Vliv krmiva a životního prostředí na kvalitativní vlastnosti masa ryb	21
2.10	Vliv krmiva na složení mastných kyselin v rybím tuku	25
2.11	PUFA v tuku kapra obecného	27
2.12	Vztah nasycenosti ryb a poměru n-3 a n-6 PUFA	29
2.13	Zdravotní účinky PUFA	29
2.14	Doporučovaný poměr jednotlivých řad MK při konzumaci	30
2.15	Výživové doporučení pro obyvatelstvo České republiky	31
3	MATERIÁL A METODIKA	32
3.1	Technické a materiální zajištění pokusů	32
3.2	Výtěžnost	34
3.3	Organoleptické hodnocení svaloviny	35
3.4	Chemické rozbor	35
	Stanovení obsahu základních živin v rybím mase	36
	Stanovení dusíkatých látek metodou podle Kjeldahla na přístroji Kjeltec	36
	Stanovení tuků extrakcí podle Soxhleta	36
	Stanovení spektra obsahu aminokyselin	36
	Stanovení mastných kyselin	37
	Statistika	38

4	VÝSLEDKY A DISKUSE	39
4.1	Pokus I	39
	ZASTOUPENÍ PUFA BĚHEM DLOUHODOBÉHO SÁDKOVÁNÍ (HLADOVĚNÍ) KAPRA OBECNÉHO	39
	Charakteristika pokusu	39
	Složení mastných kyselin v předkládaném krmivu	39
	Grafické znázornění naměřených hodnot	42
	Celkový obsah n-6 PUFA	43
	Celkový obsah -3 PUFA	44
	Poměr n-6 PUFA / n-3 PUFA	45
	Obsah EPA ve svalovině ryb	46
	Obsah DHA ve svalovině ryb	47
	Diskuse	48
	Závěr	50
	Vliv příkrmovaných obilovin na organoleptické vlastnosti masa kapra obecného	53
	Závěr	54
	Výtěžnost sladkovodních ryb	55
	Závěr	56
4.2	Pokus II	58
	SPEKTRUM MASTNÝCH KYSELIN V MASE KAPRA OBECNÉHO	58
	Výsledky a Diskuse	65
	Závěr	67
4.3	Pokus III	68
	PROFILE OF POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN THREE DIFFERENT PARTS OF COMMON CARP (CYPRINUS CARPIO L.) FILLET	68
	Abstract	68
	Results	72
	Conclusion	77
5	ZÁVĚRY	79
6	SUMMARY	81
7	PŘÍLOHY	82
7.1	Grafy	82
7.2	Souhrn naměřených hodnot mastných kyselin ve svalovině ryb	90
7.3	Složení mastných kyselin v přirozené potravě kapra	94

7.4	Statistické vyhodnocení	95
	Celkový obsah PUFA	95
7.5	Pokus II	98
7.6	Mapy pokusných lokalit	99
7.7	Výtěžnost	101
8	POUŽITÁ LITERATURA	111

1 Úvod

Kaprovité ryby jsou obecně chovány od dávných časů a v současné době jsou ve světovém měřítku nejdůležitější chovanou čeledí kostnatých ryb (*Teleostei*). Nejvýznamnějším druhem v oblasti střední a východní Evropy je právě kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.). Kapr je u nás chován již více než 900 let, protože jako jeden z mála druhů ryb má při zajištění vhodných podmínek chovu výborné předpoklady plně využít produkční možnosti rybníků a předkládaného krmiva. Vedle krmiv kapr využívá i přirozené potraviny a v důsledku toho svalovina takto chovaných kaprů vykazuje vysokou nutriční hodnotu.

Jedním z hledisek při posuzování nutriční hodnoty rybího masa je také složení mastných kyselin v celkovém tuku. Rybí tuk se vyznačuje vysokým podílem PUFA mastných kyselin, zejména kyselin skupiny n-3, eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA). Stejně tak podíl PUFA skupiny n-6 z celkového tuku je poměrně vysoký. Výskyt těchto kyselin je jedním z kritérií určujících nutriční hodnotu rybího masa. Tyto skutečnosti činí rybí maso biologicky velmi hodnotné, přičemž ke konzumaci jsou doporučovány především ryby málo a středně tučné, ke kterým patří i kapr. V mnoha výzkumech byl prokázán vliv složení mastných kyselin v potravě na lidské zdraví. Ukázalo se, že složení PUFA mastných kyselin v současné stravě západního stylu není zcela ideální. Tyto nedostatky vedou ke zvýšenému riziku vzniku kardiovaskulárních a cerebrovaskulárních onemocnění a jiných civilizačních chorob, ale také jsou dávány do souvislosti se vznikem nádorových onemocnění. Na druhou stranu lze říci, že zvýšený příjem n-3 PUFA působí preventivně, chrání kardiovaskulární systém.

Složení PUFA v rybím tuku je prokazatelně závislé na složení tuku v přijímaném krmivu. Bylo také prokázáno, že změny ve složení PUFA ve stejných tkáních během roku závisí především na druhu předkládaného krmiva. V chovu kapra se jako doplňkového krmiva využívá především jadrných krmiv – obilovin. Tato energeticky bohatá krmiva se navzájem liší složením mastných kyselin a ovlivňují míru obsahu těchto kyselin v rybím masu a to i v období sádkování. Aby bylo možné produkovat výrobky té nejvyšší kvality, je třeba dobře popsat tyto rozdíly. Následující práce by měla být příspěvkem k objasnění složení mastných kyselin, k organoleptickému hodnocení a výtěžnosti masa kapra s ohledem na druh doplňkového krmiva.

1.1 Hypotéza a cíle práce

České produkční rybářství využívá pro odchov kapra levnější potravní zdroje a v ekologicky příznivých podmínkách produkuje kvalitní potravinu. Do jaké míry a proč ovlivňuje příkrmování kapra složení kvalitativní hodnoty masa (výťažnost masa, organoleptické vlastnosti, spektrum aminokyselin, spektrum polynenasycených mastných kyselin)?

Cíl

Cílem práce je stanovit vliv technologických zásahů na vybrané kvalitativní hodnoty masa při odchovu tržního kapra.

Potvrdit rozdílný vliv příkrmování obilovinami (kukuřice, triticales, pšenice, žito, ječmen, přirozená potrava) na konzumní hodnotu tržního kapra a stanovit rozdílnou formu utváření energetických zásob organismu. Stanovit organoleptické vlastnosti masa kapra příkrmovaného různými druhy obilovin. Stanovit výťažnost kapra a spektrum polynenasycených mastných kyselin v mase kapra obecného podle druhu předkládané potravy. Statisticky vyhodnotit jednotlivá měření.

2 Literární přehled

2.1 Nutriční hodnota rybího masa

Výživově jsou pro člověka nejvýznamnější bílkoviny rybího masa. Jsou výživově tzv. plnohodnotné, to znamená, že obsahují všechny esenciální aminokyseliny a navíc je obsahují ve vzájemně vyváženém poměru. Limitující aminokyselina je svým podílem velmi blízko ostatním esenciálním aminokyselinám a jsou proto jako celek velmi dobře využitelné.

Nutričně významnou a poněkud zvláštní složkou rybích tkání jsou lipidy. Rybí lipidy sice obsahují velmi mnoho energie (38 kJ.g^{-1}), ale jejich spotřeba je prospěšná lidskému zdraví, především jejich anticholesterolový účinek. Na něm se podílí suma nenasycených mastných kyselin a z nich nejvíce polynenasycené eikosapentaenová a dokosaheptaenová. Lipidy mořských ryb jsou v tomto směru kvalitnější než lipidy sladkovodních ryb.

2.2 Smyslové vlastnosti rybího masa

Čerstvá rybí svalovina je téměř bezbarvá, případně se slabým oranžovým až načervenalým nádechem. Rybí svalovina má charakteristický pach, který je u mořských ryb intenzivnější než u sladkovodních, přičemž některé ryby mají pach zcela specifický.

Pach po „rybině“ je způsoben především trimethylaminem (ale i přítomností dalších aminů), který vzniká v postmortálním období působením tkáňových nebo i mikrobiálních enzymů na látku trimethylaminoxid.

Obdobně chuť rybího masa má své charakteristiky u jednotlivých druhů ryb. Senzorická jakost rybího masa a jeho obliba je ovlivněna i obsahem kostic. Nejvýznamnější požitelnou částí ryb je svalovina, která má maximální podíl na výtěžnosti ryb (Ingr, 2004).

2.3 Chemické složení rybího masa

Chemické složení masa ryb se velmi liší druh od druhu a uvnitř druhu záleží na věku, pohlaví, prostředí a ročním období.

Tab. 1. Obsah hlavních živin ve 100g svaloviny kapra obecného v (%)

Zdroj údajů	EH	sušina	bílkoviny	tuky	min.l.	voda	sacharidy
Buchtová 2001	632 kJ		19	7	1,3	72	
Buchtová 2001 (filet bez kůže)	636 kJ	27,61	16,84	9,2	1,02		0,55
Vácha 1996		23	19,2	2,6			
Vácha 2000 (filet)			16	2,1		81,6	
Ingr 1994	632 kJ		19	7	1,3	72	
Ingr 1994 (filet s kůží)		23	19,2	3,6	0,9		

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) nebo z fyziologických důvodů (migrace a výtěr) mohou ryby procházet obdobím hladovění. Výtěr vyžaduje vysoké zásoby energie. Tyto energetické zásoby jsou obvykle ve formě lipidů (Vácha, 2000).

2.4 Lipidy ryb

Lipidy u ryb jsou rozděleny do dvou hlavních skupin: 1. neutrální, tvořené jednoduchými lipidy, především triacylglyceroly (dříve triglyceridy, zjednodušeně tuky či oleji) a vosky. Neutrální lipidy slouží zejména jako zdroj a zásoba energie v tukových depozitech, obvykle ve zvláštních tukových (adipozních) buňkách s fosfolipidovou membránou a menším obsahem kolagenu. Triacylglyceridy tvoří depotní tuk (Vácha, 2000). V triacylglycerolech jsou na trojsytný alkohol glycerol esterově vázány tři mastné kyseliny. V glycerolfosfatidech jsou vázány jen dvě mastné kyseliny. Na třetí alkoholovou skupinu glycerolu je esterově vázána kyselina trihydrogenfosforečná. Tato matečná sloučenina skupiny příbuzných látek se nazývá kyselina fosfatidová. Na kyselinu fosforečnou je pak esterovou vazbou vázána hydroxyaminosloučenina (Kalač a Špička, 2006).

2. Polární, složené lipidy tvořené především fosfolipidy, tvoří integrální součást buněčných membrán a proto jsou často nazývány strukturálními lipidy.

Lipidy u ryb se liší od lipidů savců. Hlavní rozdíl je v tom, že lipidy ryb obsahují až 40% mastných kyselin s dlouhým řetězcem o 14 až 22 atomech uhlíku, které jsou vysoce

nenasycené. Tuk savců zřídka obsahuje více než dvě dvojně vazby v jedné molekule tuku, zatímco depotní tuk ryb obsahuje několik mastných kyselin s pěti nebo šesti dvojnými vazbami. Procento polynenasycených mastných kyselin (PUFA) se čtyřmi, pěti nebo šesti dvojnými vazbami je u sladkovodních ryb nižší (kolem 70 % z polynenasycených mastných kyselin lipidů) než u ryb mořských, které vykazují až 88 % podíl těchto kyselin z polynenasycených mastných kyselin lipidů. Složení lipidů však není fixní, ale mění se v závislosti na kvalitě potravy a ročním období. Krmivo a krmné přídatky zvyšují míru růstu a jsou obecně spojovány se zvyšováním obsahu tuku. Velmi důležitý je poznatek, že vysoce kvalitní krmivo stimuluje růst, zkracuje dobu odchovu a zvyšuje obsah tuku. Pro výživu člověka jsou mastné kyseliny, zejména linolenová (α -linolenová) (ALNA) a linolová (LA) považovány za esenciální. To znamená, že nejsou syntetizovány v organismu. U mořských ryb tyto mastné kyseliny tvoří kolem 2 % celkových lipidů. V porovnání s rostlinnými tuky je to procento malé, avšak rybí tuk obsahuje jiné polynenasycené mastné kyseliny. Tyto mastné kyseliny jsou důležité ve vztahu k zabránění onemocnění koronárního systému. Jsou to kyseliny eikosapentaenová – EPA (C 20:5 n-3) a dokosaheptaenová – DHA (C 22:6 n-3).

2.5 Charakteristika mastných kyselin

Mastné kyseliny jsou nejdůležitější a z hlediska výživy nejvýznamnější složkou lipidů. Podle názvosloví užívaného v organické chemii se jako mastné kyseliny označují karboxylové kyseliny s alifatickým uhlíkovým řetězcem, ale tato definice není plně ztotožnitelná s mastnými kyselinami přítomnými v lipidech. Některé, podle definice nazývané mastnými kyselinami, např. kyselina octová, se nevyskytují v přírodních lipidech, i když se mohou vyskytovat v průmyslových tukových výrobcích a zároveň některé mastné kyseliny vázané v lipidech jsou alicyklické nebo dokonce aromatické sloučeniny. V lipidech se vyskytující mastné kyseliny se rozdělují do následujících skupin: nasycené mastné kyseliny (SFA); nenasyčené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenoové, MUFA); nenasyčené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenoové, PUFA); mastné kyseliny s trojnými vazbami a s různými substituenty (rozvětvené, cyklické, s kyslíkatými, sírnými nebo dusíkatými funkčními skupinami). Nasycené mastné kyseliny obsahují 4 až 60 atomů uhlíku v řetězci, který je zpravidla rovný a nerozvětvený, nejčastěji o sudém počtu atomů uhlíku (viz tab. 2). Monoenoové mastné kyseliny se liší navzájem počtem atomů uhlíku, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací. Kyseliny s dvěma izolovanými dvojnými vazbami (dienové) jsou velmi důležité ve výživě. V přírodě se v podstatném množ-

ství vyskytuje jen několik těchto kyselin (viz tab. 3), nejvýznamnější z nich je kyselina linolová (oktadeka - 9, 12 - dienová kyselina). Také u nich se vyskytuje jak polohová, tak prostorová izomerace. Zvláštní význam mají mastné kyseliny s konjugovanými dvojnými vazbami, které se od mastných kyselin s izolovanými dvojnými vazbami podstatně liší svou reaktivitou, ale také fyziologickými účinky. Nejvýznamnější mastnou kyselinou s třemi dvojnými vazbami je kyselina linolenová (α - linolenová; oktadeka - 9, 12, 15 - trienová kyselina). Člověk je schopen nasycené a některé nenasyčené mastné kyseliny syntetizovat. Narozdíl od rostlin však nedokáže syntetizovat polyenové mastné kyseliny řady n-6, n-3. Tyto kyseliny jsou životně důležité, musí tedy být v dostatečném množství přijímány potravou (viz tab. 2). Minimálně 0,5 % příjmu energie by mělo pocházet z EPA, DHA a jiných vyšších polynenasycených mastných kyselin řady n-3 (Velíšek, 2002).

Volné, nevázané mastné kyseliny se v rostlinných a živočišných organismech vyskytují jen ve velmi malém množství. Většinou jsou vázány jako estery nebo amidy v homolipidech a heterolipidech. Některé mastné kyseliny se vyskytují ve všech přírodních materiálech (palmitová, olejová), jiné jsou specifické jen pro mikroorganismy, rostliny nebo živočichy určitého rodu, čeledi nebo řádu. Mají proto také význam v taxonomii. Tuk užitkových zvířat (přezvýkavců, prasat) se obecně vyznačuje vysokým obsahem nasycených mastných kyselin (palmitová, stearová), avšak v depotním tuku užitkových ptáků je jejich výskyt nižší. Obsah nenasyčených mastných kyselin v přírodních lipidech značně kolísá. Např. u řepkového oleje 90 % všech mastných kyselin představují nenasyčené mastné kyseliny, kokosový tuk jich však obsahuje pouze 10 % z celkové sumy mastných kyselin. V živočišných tucích je nízký výskyt polynenasycených mastných kyselin a poměrně vysoký výskyt nasycených i mononenasyčených mastných kyselin. Výjimku tvoří tuk užitkových ptáků a rybí tuk (viz tab. 4). Rybí tuky obsahují mastné kyseliny s 20 až 22 atomy uhlíku a 4 až 6 dvojnými vazbami v řetězci (viz tab. 5). Nejběžnější nenasyčenou mastnou kyselinou je olejová kyselina. Z polyenových nenasyčených mastných kyselin je nejběžnější linolová kyselina. Obě jsou alespoň stopově přítomné ve všech rostlinných a živočišných olejích a tucích. Přírodní nenasyčené mastné kyseliny mají většinou konfiguraci *cis*. Kyseliny s konfigurací *trans* se vyskytují především v depotním tuku přezvýkavců, kam se dostávají z potravy přeměněné mikroorganismy v batoru. *Trans* kyseliny vznikají také průmyslovou katalytickou hydrogenací nenasyčených mastných kyselin, proto se ve velkém množství vyskytují ve ztužených tucích a v tukových výrobcích z nich připravených. Také někteří bezobratlí živočichové, rostliny a mikroorganismy obsahují

stopová nebo dokonce značnější množství *trans* nenasycených mastných kyselin (Velíšek, 2002).

Tab. 2. Hlavní nasycené mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

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

Tab. 3. Dienové, trienové a další polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

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	linolelaidová
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

Tab. 3. Dienové, trienové a další polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech (pokračování)		
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

Tab. 4. Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin v některých tucích a olejích (%)

Druh tuku	Skupiny MK		
	nasycené	mononenasycené	polynenasycené
Vepřové sádlo	25-70	37-68	4-18
Hovězí lůj	47-86	40-60	1-5
Kuřecí sádlo	27-30	42-47	20-24
Mléčný tuk	53-72	26-42	2-6
Tuk kapra	22-25	46-50	23-28
Tresčí jaterní tuk	14-25	35-68	20-45
Tuk sledě	17-29	36-77	10-24
Kokosový tuk	88-94	5-9	1-2
Palmojádrový tuk	75-86	12-20	2-4
Palmový tuk	44-56	36-42	9-13
Kakaové máslo	58-65	33-36	2-4
Olivový olej	8-26	54-87	4-22

Tab. 4. Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin v některých tucích a olejích (%) (pokračování)			
Rýžový olej	19-35	42-50	16-37
Bavlníkový olej	24-33	15-23	46-59
Podzemnicový olej	14-28	40-68	15-45
Sójový olej	14-20	18-26	55-68
Slunečnicový olej	9-17	13-41	42-74
Sezamový olej	13-18	36-44	42-48
Světlicový olej	7-13	8-23	68-84
Klíčkový olej	12-24	24-42	40-62
Řepkový olej	5-10	52-76	22-40
Lněný olej	10-12	18-22	66-72

Tab. 5. Složení hlavních mastných kyselin rybích tuků (v %)

Mastná kyselina	<i>Clupea harengus</i>	<i>Brevoortia tyrannus</i>	<i>Sardinus caerulea</i>	<i>Gadus morhua</i> (játra)
myristová	3-10	6-12	4-12	3-5
myristoolejová	-	0,2-0,4	-	-
pentadekanová	-	-	-	0,3-0,5
palmitová	13-25	14-23	9-22	10-14
palmitoolejová	5-8	7-15	6-13	6-12
hexadekadienová	-	3-6	-	0,5-1,6
stearová	1-4	2-4	2-7	1-4
olejová	9-22	6-16	7-17	19-27
linolová	1-2	1-2	1-3	1-2
linolenová	0,6-2	1-2	0,4-1	0,2-1
oktadekatetraenová	1-5	1-5	2-3	0,4-2
eikosenová	9-15	0,5-2	1-8	7-15
eikosadienová	0,5-0,7	-	-	0,1-0,4
arachidonová	0,3-0,5	1-4	1-3	-
eikosapentaenová	-	12-18	9-35	8-14
dokosenová	12-27	0,2-0,4	-	4-13
dokosadienová	0,4-1	-	-	-

Tab. 5. Složení hlavních mastných kyselin rybích tuků (v %) (pokračování)				
dokosatetraenová	-	-	1-3	-
dokosapentaenová	0,5-1,3	2-4	1-4	1,1-3,8
dokosaheptaenová	4-10	4-15	4-13	6-17

2.6 Rozdělení PUFA podle charakteru uhlíkového řetězce

PUFA rozdělujeme do dvou skupin, na kyseliny řady n-6 (omega-6) a kyseliny řady n-3 (omega-3). První dvojná vazba je na šestém nebo třetím uhlíku od methylového konce uhlíkového řetězce mastné kyseliny (viz obr. 1). Prekursorem n-6 řady je nejčastěji kyselina linolová (LA), n-3 řady kys. linolenová (α – linolenová, ALA). LA a ALA jsou esenciálními mastnými kyselinami, lidský organismus je nedokáže syntetizovat – musí být přijímány potravou. Zástupci n-3 řady, kyselina eikosapentaenová (EPA) a kys. dokosaheptaenová (DHA), jsou z hlediska kvalitativního složení velmi žádoucí. Zástupcem n-6 řady je např. kyselina arachidonová (AA, 22:4) (viz tab. 6). Vznikají transformací z LA a ALA pomocí enzymů elongáz a desaturáz (viz. obr. 1) (Vance, 1991).



polyenové mastné kyseliny řady **n – 6** (m=2-6, n =2-5)



polyenové mastné kyseliny řady **n – 3** (m=2-6, n =2-6)

Obrázek 1. Obecné vzorce n - 3 a n - 6 PUFA (Velíšek, 2002).

Tab. 6. Přehled cis – nenasycených vyšších mastných kyselin

schématický vzorec	poloha dvojné vazby	triviální název
řady 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
řady 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

2.7 Trávení a metabolismus lipidů u ryb

Trávení a metabolismus lipidů u ryb se příliš neliší od savců. Kaprovité ryby se řadí do skupiny ryb bez žaludku narozdíl od ryb lososovitých, které mají funkční žaludek. Tato skutečnost však nemá na trávení lipidů přímý vliv.

Látky lipidické povahy jsou u ryb většinou dobře vstřebávány (95 %). Jedinou výjimkou jsou tuky s vyšším obsahem nasycených mastných kyselin (např. lůj), jejichž emulsifikace je velice obtížná, zejména při nižší teplotě vody. Jejich stravitelnost se snižuje se vzrůstající délkou řetězce nasycených mastných kyselin (u lososa je stravitelnost kyseliny myristové 70 % a kyseliny stearové 50 %). Stejně výsledky byly zaznamenány i u kapra. Naopak stravitelnost olejů a bodem tání nižším než 0 °C zůstává téměř nezměněna a pohybuje se mezi 90 a 93 % (Guillaume a kol., 2001).

K emulgaci tuků tráveniny dochází v tenkém střevě v důsledku přítomnosti solí žlučových kyselin, lipáz a lecitinu. Všechny ryby produkují žluč, kterou ukládají ve žlučovém měchýři a žlučovodem ji vylučují do tenkého střeva. Žluč ryb převážně obsahuje kyselinu cholovou (85 %) a kyselinu deoxycholovou (14 %), stopy alkoholů a taurin, který se konjuguje se žlučovými kyselinami (Halver, 1989).

Všechny dosud známé lipolytické emzymy ryb (lipáza, kolipáza, fosfolipáza a esteráza) jsou produktem pankreatické žlázy. 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, monoa-

cyl-glycerol a glycerol (Guillaume a kol., 2001). Následně tvoří mikroemulze se solemi žlučových kyselin, a to umožňuje jejich rychlý transport na kartáčkový lem tenkého střeva. Difúzí se micely dostávají mezi zvlnění kartáčkového lemu, kde se z nich uvolňují jednotlivé složky lipidů. Tyto liposolubilní látky prostupují snadno buněčnou membránou do enterocytů. Mastné kyseliny a monoacylglyceroly jsou resyntetizovány na triacylglyceroly uvnitř epitelových buněk střeva. Poté jsou triacylglyceroly seskupeny s cholesterolem i fosfolipidy, protože dostávají specifický bílkovinný obal. U hospodářských zvířat a ryb se vytváří chylomikra a lipoproteiny o velmi nízké hustotě, které jsou rozpustné ve vodě a tak usnadňují další transport lipidů portální žílou do jater (Recce, 1998; Jelínek a Koudelka., 2003).

V játrech se tuky štěpí a uvolněné mastné kyseliny jsou použity na resyntézu lipidů nebo jsou oxidovány. Znovu syntetizované lipidy se rozvádějí na místa jejich utilizace (buněčné membrány) nebo skladování (tuková tkáň, intramuskulární tuk, játra). Lokalizace tukových zásob je závislá na druhu ryb. Tučné ryby, jako je sled' nebo makrela, ukládají většinu tuku do svaloviny, jeho obsah ve svalovině překračuje 10 %. Libové ryby (treskovité), ukládají tuky převážně do jater a obsah tuku ve svalovině je nižší než 2 %. Středně tučné ryby (lososovité, kaprovité) ukládají tuky rovnoměrněji na více míst v těle. 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) v závislosti na druhu, věku, reprodukčním cyklu a podmínkách výživy.

Zásobní tuk ve formě triacylglycerolů může být mobilizován po deesterifikaci. Volné mastné kyseliny jsou transportovány krví do tkání, kde jsou zdrojem energie. Přesný mechanismus mobilizace lipidů u ryb není dosud znám, avšak v játrech i tukové tkáni pstruhů byl zaznamenán výskyt lipáz, které pravděpodobně mají v tomto procesu podstatnou roli. Pro většinu ryb je charakteristická vysoká koncentrace lipidů v krevní plazmě (u lososovitých ryb 1,85 - 2,40 g /100 ml). Rozklad mastných kyselin za účelem získání energie probíhá převážně v matrix mitochondrií, ale také v peroxyzómech α , β -oxidací. Je to energeticky nejvhodnější způsob odbourávání mastných kyselin. Tento proces probíhá tak dlouho, dokud se celá mastná kyselina nerozloží na acetylové zbytky vázané na koenzym A (CoA) (Halver, 1989; Guillaume a kol., 2001).

2.8 Role mastných kyselin n-6 a n-3 v rybím mase ve výživě člověka

Již před 30 lety byla zaznamenána negativní asociace mezi příjmem vícenenasycených mastných kyselin (PUFA) třídy n-3 z rybiho oleje a kardiovaskulárním onemocněním (KVO) u grónských inuitů a rybářů v japonských přímořských vesnicích. Podstatnou částí jejich potravy jsou ryby, velcí mořští savci a korýši. Dieta inuitů obsahovala až 40 % energie v lipidech.

Tab. 7. Hlavní mastné kyseliny tříd n-3 a n-6

Schématický vzorec	chemický název	triviální název	akronym
hlavní MK řady n-3			
C 18:3 n-3	9,12,15-cis-oktadekatrienová	k.alfalinolenová	ALNA
C 18:4 n-3	6,9,12,15-cis-oktadekatetraenová	k.stearidonová	
C 20:5 n-3	5,8,11,14,17-cis-eikosapentaenová		EPA
C 22:5 n-3	7,10,13,16,19-cis-dokosapentaenová	k.klupanodonová	DPA
C 22:6 n-3	4,7,10,13,16,19-cis-dokosahexaenová		DHA
hlavní MK řady n-6			
C 18:2 n-6	9,12-cis-oktadekadienová	k.linolová	LA
C 18:3 n-6	6,9,12-cis-oktadekatrienová	k.gamalinoleová	GLA
C 20:3 n-6	8,11,14-cis-eikosatrienová	k.dihomogamalinoleová	DGLA
C 20:4 n-6	5,8,11,14-cis-eikosatetraenová	k.arachidonová	AA

Člověk nedovede syntetizovat dvě základní 18ti uhlíkaté PUFA, linolovou (LA) (n-6) a α - linolenovou (ALNA) (n-3) a musí je získat z potravy. Proto se pro ně vžil nepříliš výstižný a více významový termín esenciální (nenahraditelné, zásadně důležité). V lidském organismu se přeměňují LA a ALNA alternací desaturáz a elongáz na PUFA s velmi dlouhým řetězcem, od 20 uhlíků více. Přeměna ALNA na EPA, dále na DPA a na DHA není snadná. Je závislá na dostupnosti příslušných enzymů, desaturáz, kterých se může nedostávat, zejména u starších osob (Eliášová a Domoráková, 1999). Přeměna je úspěšnější u žen. Z ALNA konvertuje 5-20 % na EPA, 3-9 % na DHA (Burdge a Wootton, 2002; De Deckere a Korver, 1988; Vanschoonbeek a De Maat, 2003). Proto je obvykle třeba zvyšovat množství těchto metabolitů potravou, zejména rybami. Nedostatečnou přeměnu ALNA lze u osob, které mají s konzumací ať ryb nebo i tobolek s rybím olejem posílit podáváním k.stearidonové (C 18:4 n-3) (Kollár, 2002), čímž se ušetří první stupeň desaturace. Kyseli-

na stearidonová je obsažena hojně v některých rostlinných zdrojích (Surette a Edens, 2004), např. v hadinci jitrocelovém. V USA jsou příslušné produkty již na trhu. Takto lze zvýšit hladinu EPA až trojnásobně, bohužel přeměna na DHA ani tak není dostatečná (Muskiet a Fokkema, 2004).

Tab. 8. Metabolismus mastných kyselin n-6 a n-3 (Demaison, 2002; Surette a Edens, 2004)

	n - 6		n - 3	
k.linolová	C 18:2		C 18:3	k.α-linolenová
	↓	delta-6-desaturáza	↓	
k.γ-linolenová (v brutnákovém oleji)	C 18:3		C 18:4	k.oktadekatetraenová (steridonová)
	↓	elongáza	↓	
k.dihomo-γ-linolenová	C 20:3		C 20:4	k.eikosatetraenová
	↓	delta-5-desaturáza	↓	
k.arachidonová	C 20:4		C 20:5	k.eikosapentaenová
	↓	elongáza	↓	
k.adernová	C 22:4		C 22:5	k.dokosapentaenová
	↓	elongáza	↓	
k.tetrakosatetraenová	C 24:4		C 24:5	k.tetrakosapentenová
	↓	delta-6-desaturáza	↓	
k.tetrakosapentaenová	C 24:5		C 24:6	k.tetrakosahexaenová
		beta oxidace		
	↓	retrokonverze	↓	
k.dokosapentaenová	C 22:5		C 22:6	k.dokosahexaenová

2.9 Vliv krmiva a životního prostředí na kvalitativní vlastnosti masa ryb

Vlivy složení krmiva a krmného režimu na kvalitu filetů z tržních pstruhů duhových se zabýval Faergemand a kol. (1995). Jeho výsledky vypovídají o tom, že zvýšení obsahu tuku v krmivu až o 20 % neovlivňuje texturu filetu. Tyto výsledky byly testovány na přístroji Instron Universal Testing Mashine. Byla provedena i senzorická analýza.

Někteří autoři přidávali do krmiva ryb různé přísady a sledovali jejich projevy na rybí maso. Jedním z nich byli i Luzzana a kol. (1994), kteří prověřovali vliv vysokého obsahu rybího oleje v krmné dávce na obsah polynenasycených mastných kyselin v jedlých tělesných partiích pstruha duhového. Uvádí, že čím bylo více rybího oleje v krmné dávce, tím více bylo v mase ryb polynenasycených mastných kyselin. Přídavek rostlinného a rybího oleje do krmné směsi pro násadové siveny americké (*Salvelinus fontinalis*) a jeho vliv na kvalitativní složení masa prověřoval Guillou a kol. (1995). Prokázal, že určité mastné kyseliny předkládané v krmné dávce se kumulují v mase. Provedl též organoleptické testy rybího masa, ale ty neukázaly žádný významný rozdíl v textuře svaloviny. Runge (1989) zkoumal vliv přídavku olejů a tuků do krmných směsí pro kapra na nutriční hodnotu masa. Uvádí, že se změnila poměry a množství sirných sloučenin v mase kaprů. Dále popisuje i nezanedbatelný efekt na změnu chuti. Do krmných směsí přidával hovězí lůj, rybí olej, kukuřičný olej a lněný olej. Morris a kol. (1995) obohacoval krmnou dávku sumečka skvrnitého (*Ictalurus punctatus*) o 0; 1,5 a 3 % oleje ze sledů. Filety byly analyzovány na lipidy a mastné kyseliny. Pak byly uskladněny 6 měsíců při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a znovu byl proveden chemický rozbor. Filety ze sumců, kteří byli krmeni s přídavkem 1,5 a 3 % doplňkového oleje vykazovaly vyšší hodnoty n-3 mastných kyselin. Vůně nepříznivě ovlivněna nebyla, dá se tedy říci, že se chuť i kvalita filet skladováním nezhoršila.

Guillou a kol. (1995) se snažil prokázat vliv rostlinné potravy a tuku na růst, obsah mastných kyselin ve svalovině a na organoleptické vlastnosti masa sivena amerického. K tomu účelu použil rybu jednoletou, rozdělenou do třech kontrolních skupin. V krmných dávkách byl zdroj tuku kvalitativně pozměněn. Rostlinný tuk 11% (sojový olej, canola olej) byl použit u dvou skupin. Třetí skupina pak byla přikrmována stejným množstvím komerčního rybího tuku (sled'ový olej). Ryby byly krmeny třikrát denně až do nasycení (v 8, 16 a 22 hodin). Po dobu pokusu nedošlo k úhynu a ryby se vyvíjely normálně. Výrazné rozdíly mezi třemi skupinami nebyly zaznamenány. Důležité je procento použitých tuků – tedy jejich koncentrace v krmivu. Významné rozdíly byly v poměru nasycených a nenasycených mastných kyselin ve svalovině. Organoleptické testy neukázaly žádný prokazatelný rozdíl mezi chutí masa tří experimentálních skupin zkoumaných sivenů. Výsledkem

experimentu tedy bylo konstatování, že použití jak rostlinných tak živočišných tuků, jako zdroj výživy pro lososovité ryby, je i nadále diskutabilní. Takeuchi a kol. (1987) zkoumal projev vysoce energetického a proteinově bohatého krmiva u kapra. Po období intenzivního krmení nechal kapry čtyři měsíce hladovět. Zjišťoval pak pokles bílkovin ve svalovině a pokles viscerálních lipidů. Došlo k významnému zvýšení obsahu mastných kyselin řady 16:0 (palmitová) a 20:1, zároveň ke snížení obsahu mastných kyselin omega řady 18:1 (olejová) a 18:3 (linolenová). Zhao a kol. (1994) popisuje vliv krmné dávky o různém obsahu proteinu na obsah proteinu v těle kapra. Dokazuje, že při vyšším množství bílkovin v krmivu je nižší krmný koeficient. Při procentickém zastoupení 17% bílkovin v krmivu byl krmný koeficient u kapra 2,04 a při 31,56 % se snížil krmný koeficient na 1,52.

Výskytem $n-3$ polynenasycených mastných kyselin (eikosapentaenové a dekosahexaenové kyseliny) v potravě ryb (plankton, řasy), jako kritéria určujícího nutriční hodnotu masa se zabýval Ahlgren a kol. (1996). Také Corraze a kol. (1993) určoval, jak ovlivňuje kvalita krmiva složení tělesných partií ryb. Uvádí, že jestliže krmná dávka obsahuje více mastných kyselin $n-3$, tak jejich obsah v tuku ryb stoupá. Z hlediska výživy a konzumentů je však důležitý obsah těchto látek v konzumovaném výrobku nebo produktu. Téměř všichni autoři došli k poznatku, že složení mastných kyselin v krmivu odpovídá složení mastných kyselin v rybím tuku. Z literatury je možno použít práci, kterou uvádí Basaravaja a kol. (1988). Zaznamenává vliv metabolických steroidů (17-alfa-methyltestosteron) na organoleptiku svaloviny kapra. Tento steroidní hormon významně neovlivňoval sensorickou kvalitu kapřího masa, až na několik charakteristik. Webster a kol. (1993) krmil sumečka skvrnitého kompletními krmnými směsmi, do nichž přidával odpady z lihovarů. Tyto odpady by měly nahradit ve směsi sojovou moučku a kukuřici. U rybího masa pak dělal chemické i sensorické rozborů a rovněž i biometrická měření. Porovnával obsah bílkovin, tuků a popelovin. Dále pak hodnotil sensorické znaky a počítal poměr hlavy k celkové délce těla a hmotnosti vnitřností k hmotnosti celé ryby. U přídavku 10 % odpadů do krmné směsi nebyly u ryb žádné významné rozdíly v chemickém složení, tělesných rozměrech ani v sensorických vlastnostech. V případě přidání 30 % lihovarských odpadů do krmiva, byly ryby kratší, ale v organoleptických vlastnostech se nelišily. Jako výsledek výzkumu doporučil pro chov tržního sumečka kanálového přídavek lihovarských výpalků do 30 % v krmivu. Smith a kol. (1998) odkrmoval pstruhy duhové od hmotnosti 30-250 g na dvou různých dietách. První skupině přidával do krmiva sojovou a bavlníkovou moučku. U druhé skupiny zkoušel přídavek rybí moučky. Po provedení testů na rybích filetech prokázal

rozdíly v míře růstu ryb, ale u sensorických znaků rybího masa neshledal žádné rozdílné parametry.

Tržní kapry netradičními krmivými příkrmivými Nandeesh a kol. (1998). Do směsi pro kapra přidával žížalovou moučku a 5% rybího oleje. Toto krmivo předkládal rybám po dobu 84 dnů. Při testech zjistil vyšší podíl svaloviny. Pokus nepřinesl významný rozdíl v sensorických znacích.

Appelbaum (1980) se zabýval vlivem potravinových doplňků na příjem potravy pstruha duhového. Zjistil, že pstruh reaguje pozitivně a to nejen na pro něj přirozenou masnou chuť, ale podobně také na příchut' slanou. Ta byla příčinou lepšího příjmu rostlinné potravy, která je normálně pstruhem odmítána. Použit byl hydrolyzát rostlinného proteinu – vedlejší produkt při výrobě „Maggi“. Výrazně podporoval zvýšený příjem potravy. Příjem potravy neovlivnil 6 % přídavek rybího tuku. Cílem výzkumu bylo najít takový potravinový doplněk, který je pro rybu atraktivní a to za účelem časové minimalizace adaptace na dané krmivo. Viola a kol. (1990) ve své výzkumné práci sledoval účinky n-3 mastných kyselin a jejich vliv na chuť a skladovatelnost kapra a tilapie. Použili dvě metody doplnění na n-3 mastné kyseliny (srovnávací pokusy s rybím olejem a vysokými hodnotami rybí moučky). Vyhodnocovali skladovatelnost a organoleptické vlastnosti masa kapra a křížence tilapie (*Oreochromis aureus x Oreochromis niloticus*). Viegas a Guzman (1997) sensoricky vyhodnocoval filety piraní (*Colossoma macropomum*). Cílem práce bylo posuzovat smyslovými prostředky svalovinu ryb krmených třemi různými lipidovými krmivými. Délka trvání pokusu byla stanovena na 147 dnů a sestaveno bylo šest krmných dávek, které obsahovaly různé hodnoty palmového oleje, sojového oleje, obilného oleje a kontrolní vzorek bez olejů. Po ukončení pokusného období byly ryby zabity a připraveny k degustaci. Degustační komise měla 14 členů, byly jí na talířích předloženy stejné porce, stejného tvaru, přikryté hliníkovou folií. Hodnocení probíhalo podle stanovené stupnice s extrémními hodnotami „slabý“ a „silný“. Předem stanovený postup hodnocení byl velice přísný. V konečném výsledku bylo konstatováno, že nebyl zjištěn žádný vliv v krmných dávkách použitých přísad. Maso až k 6 % úrovni přísad nedoznalo kvalitativních změn. Bett a kol. (1998) prováděli sensorická a chemická hodnocení filetů z okouna (*Morone chrysops x Morone saxatilis*). Okouni byli ve sledovaném pokusném období krmeni krmnými dávkami s různým % proteinů a lipidů. Filety ze zabitých ryb byl pak zamrazeny (- 20 °C) po maximální dobu 18 měsíců. Cílem bylo chuťově porovnat rybí maso v návaznosti na použití jednotlivých krmných směsí a v návaznosti na dobu uskladnění. Projevil se přídavek oleje ze sledů ke krmné dávce a tak bylo doloženo, že ten může ovlivňovat následnou kva-

litu (vůni) masa okouna. Nebyl ale zaznamenán žádný vliv na kvalitu masa při skladování a to ani po 18 měsících zamražení. Albrecht a kol. (1999) a jejich výzkumná práce se zabývá metodou hodnocení bio-genetických aminů v rybí moučce. Použita byla základní kolorimetrická metoda stanovení histaminu v rybí moučce. Základem je oxidace histaminu a detekce z peroxidu vodíku – katalýza fenolem – aminoantipyrin (teplota 50 °C, pH 9). Tato metoda umožnila přesnou kvantitativní analýzu histaminu a je dobrou alternativou rychlého odhalení potenciálně jedovaté rybí moučky.

Obsah polynenasycených mastných kyselin, neutrálních lipidů i fosfolipidů zkoumal v mase triploidních a diploidních kaprů v období výtěru Lee a kol. (1989). U diploidních kaprů zjistil, že neutrální lipidy a fosfolipidy tvořily převažující složku triglyceridu. U triploidních kaprů prokázal vyšší obsah kyselin s jednou dvojnou vazbou např. 16:1 (palmi-toolejová) a 18:1 (olejová). Dále pak nižší obsah kyselin s vyšším počtem dvojných vazeb např. 22:6 (dekosahexaenová).

Vliv tělesného pohybu na výskyt mastných kyselin řady n - 3 v mase pstruhů duhových hodnotil Celik (1991). Posuzoval sensorické vlastnosti s ohledem na hmotnost filetů, množství tuku i bílkovin. Testy byly dělány po 8 - 9 týdnech hlubokého zmrazení. Výsledky porovnával s první skupinou ryb, která se pohybovala méně. U ryb se zvýšeným pohybem byl prokázán vyšší obsah individuálních mastných kyselin (C 18-20) a snížený obsah kyseliny C 22:6 (dekosahexaenová), která vyrovnávala výsledek celkového podílu mastných kyselin skupiny omega-3. Dále pak měly ryby ve filetech vyšší obsah celkového proteinu. V textuře tukové tkáně nebyly patrné významné rozdíly v barvě a vůni.

Vaznost a konzistence rybího masa má úzkou souvislost se silou a pevností svalových vláken. Lin a kol. (1989) zkoumal vliv krmné dávky na pevnost myofibril a pevnost svalů u amura bílého (*Ctenopharyngodon idella*, Valenciennes 1844). Dále posuzoval různé sensorické aspekty chuti ovlivněné rozdílnou krmnou dávkou. Obsahem kolagenu ve vztahu ke svalovině hejka (*Merluccius merluccius*) a pstruha (*Salmo irideus* Gibb.) se zabývali Montero a Borderias (1989). Zjistili, že rozdíly mezi obsahem kolagenu v různých tělesných partiích u obou druhů ryb jsou významné (filetová část – ocasní partie). Kolagen byl v různém množství dislokován po tělesných partiích obou ryb. O obsahu kolagenu u lososovitých a kaprovitých ryb také pojednává práce Cepeda a kol. (1990). Autoři o této problematice pojednávají z hlediska rozkladu kolagenu v rybí svalovině při různých teplotách (0 – 30 °C). Při 0 °C nebylo nalezeno příliš mnoho degradačních produktů. Kvalitu masa pstruhů duhových (*Salmo gairdneri*) v brakických vodách posuzovali Teskeredzic a Pfeifer (1986). Měli dvě skupiny pstruhů v plovoucích klecích. Jedna skupina byla umístě-

na do brakické vody na 40 dní a druhá na 90 dní. Výsledky prokázaly, že brakická voda má výrazný vliv na kvalitu masa. V mase bylo stanoveno nižší procento vody, více tuku, čímž se zvýšila i celková energetická hodnota masa.

2.10 Vliv výživy na složení mastných kyselin v rybím tuku

Přirozená potrava

Fytoplankton je původním zdrojem n–6 a n–3 mastných kyselin. Složení těchto mastných kyselin v rybách je prokazatelně závislé na složení tuků v přijímaném krmivu. Výskyt n–3 nenasycených mastných kyselin (EPA a DHA) v potravě ryb je jedním z kritérií určujících nutriční hodnotu rybího masa (Ahlgreen a kol., 1996).

Sladkovodní ryby jsou schopné pomocí enzymů desaturáz a elongáz přeměňovat C-18 (osmnáct uhlíků v řetězci) mastné kyseliny na C-20 a C-22 mastné kyseliny. Kaprovité ryby živící se planktonem, např. tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*, Valenciennes 1844) a tolstolobec pestrý (*Aristichthys nobilis*, Richardson 1844) jsou bohaté na kyseliny EPA a DHA, ale rovněž amur bílý a kapr obecný jsou charakterističtí značným obsahem n – 3 PUFA. Klinické testy prokázaly, že konzumace masa kaprovitých ryb má příznivý účinek na lidské zdraví, především prospívá osobám s kardiovaskulárními obtížemi (Steffens a Wirth, 1997).

Bohatost některých mořských druhů ryb na obsah n – 3 mastných kyselin je přisuzována konzumaci planktonu, který má své specifické složení lipidů. Konzumace těchto ryb je žádoucí z hlediska lidského zdraví. Nicméně sladkovodní ryby mohou být také hodnotným zdrojem těchto esenciálních mastných kyselin. Ve srovnání s mořskými rybami obsahují sladkovodní druhy obecně vyšší množství C-18 kyselin, ale také značné koncentrace EPA a DHA kyselin. Navíc složení mastných kyselin sladkovodních ryb je charakteristické vysokým podílem n–6 PUFA, zejména kyseliny linolové a arachidonové. Proto tedy poměr n – 3 / n – 6 mastných kyselin je mnohem nižší u sladkovodních ryb než u mořských druhů, v rozsahu od 1 do 4. Avšak držení ryb jako pstruh nebo kapr na dietách obsahujících vysoké množství rybího tuku má za následek vysoký obsah n–3 PUFA v těchto rybách (Steffens, 1997).

Složení rybího tuku závisí na řadě faktorů. Sladkovodní ryby obsahují o něco méně PUFA než ryby mořské, ryby ze severních moří mají méně n - 6 mastných kyselin v tuku než ryby vylovené v jižních mořích. Složení rybího tuku se mění s ročními obdobími. Velmi významným faktorem je složení potravy (Voldřich a Dobiáš, 1991).

Doplňková krmiva rostlinného původu

Využití krmiv ve výživě ryb přímo zvyšuje přírůstek ryb jejich vlastní spotřebou (krmení ryb je předkládání krmiv rybám za účelem dosažení vysoké produkce). Krmiva se využívají hlavně v chovu kapra, v polykulturách, musíme však počítat s konzumem krmiv jinými druhy chovaných ryb (amur bílý, lín), kde nemusí být jejich využití vždy efektivní (Čítek a kol., 1998).

V chovu kapra používáme převážně jadrná krmiva. Význam mají zejména taková, která jsou k dispozici v potřebném množství a jsou ekonomicky výhodná. Používají se především obilniny nebo krmné směsi, složené z obilních šrotů, pokrutin, extrahovaných šrotů, luštěnin, úsušků píce, z části z krmiv živočišného původu a z různých doplňků. Při současné intenzitě příkrmování se podílejí na celkové spotřebě krmiv asi ze 60 – 70 % obilniny v čisté formě, zbytek tvoří krmné směsi. Malý podíl tvoří krmiva z výskytu, tj. krmiva získávaná z místních zdrojů, např. různé odpady po čištění obilí, jetelovin apod. (Čítek a kol., 1998).

Krmivo, krmné přípravky, a přídavné doplňkové látky pro deficitní dávky zvyšují míru růstu a jsou obecně spojovány se zvyšováním množství tuků ve tkáňových strukturách ryb. Přitom platí, že množství tuku a jeho kompozice v rybím těle je závislá na krmivu (Yu, 1977, Viola a Amidan, 1980, Yingst a Stickney, 1979).

V mase tržních kaprů z přirozených vod je vysoký obsah kyseliny linolové (LA), kyseliny EPA a kyseliny DHA, zatímco kapři krmení krmivy bohatými na glycidy mají ve svalovině vysoký obsah kyseliny olejové. (Csengeri, 1978; Farkas, 1978; Watanabe., 1981; Runge, 1987). Ke stejným závěrům dospěli také Csengeri a Farkas, (1993) a Csengeri, (1996).

Sledování složení PUFA ve svalovině kapra a lína (*Tinca tinca* L.) prokázala, že různé metody chovu a krmení zapříčiňují značné rozdíly ve vazbě na n - 3 PUFA těchto druhů ryb. Extenzivně chované ryby vykazují vysoký obsah n - 6 a stejně tak vysoký obsah n - 3 PUFA ve svalovině. Na druhou stranu kapři krmení pšenicí vykazují poněkud nižší hodnoty těchto mastných kyselin. Významná množství n-3 PUFA můžeme nalézt v rybách krmených vysoce energetickou dietou obsahující rybí tuk (Steffens a Wirth, 2005).

Bylo analyzováno složení mastných kyselin ve svalovině třech různých skupin lína obecného (*Tinca tinca*, L.). 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 (Steffens, 1998).

2.11 PUFA v tuku kapra obecného

Hlavními zástupci vícenenasycených mastných kyselin v tuku svaloviny pstruha duhového jsou kyselina palmitová (C 16:0), palmitoolejová (C 16:1), olejová (C 18:1), arachidonová (C 20:4), eikosapentaenová (C 22:5), dokosaheptaenová (C 22:6). Podobně je tomu i u složení mastných kyselin v tuku kapra obecného. V tukové tkáni kapra je však poměrně nízký obsah dokosaheptaenové kyseliny a zároveň vysoký obsah kyseliny alfa-linolenové a gama linolenové. Kyseliny palmitová, palmitoolejová, olejová, alfa linolenová, eikosapentaenová, dokosaheptaenová jsou obsaženy zejména v tuku hepatopankreatu, oproti tomu je zde nižší obsah kyseliny arachidonové. Kyselina gama linolenová je zde zastoupena jen velice nepatrně. Mlčí je bohaté na kyseliny palmitovou, olejovou, eikosapentaenovou a dokosaheptaenovou, jikry vynikají obsahem kyselin palmitové, olejové a dokosaheptaenové. Tuková tkáň obecně má vysoký obsah kyselin olejové, eikosapentaenové a dokosaheptaenové (Kmínková, 2001).

Potřeba esenciálních mastných kyselin (EFA) pro kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) je uváděna jako 1 % kyseliny linolové (LA) a 1 % kyseliny alfa-linolenové (ALA) ze sušiny krmiva (Takeuchi a Watanabe, 1977). Požadavek na polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) n-6 v krmivu je 1 % a polynenasycené mastné kyseliny (PUFA) n-3 činní 0,5-1 % ze sušiny krmiva (Takeuchi, 1996). Následně byl popsán metabolismus polynenasycených mastných kyselin (PUFA), interakce mezi esenciálními mastnými kyselinami (EFA) a vliv jednotlivých C:18 polynenasycených mastných kyselin (PUFA) na metabolismus esenciálních mastných kyselin (EFA) u kapra (Tocher a Dick, 1999, 2000, 2001). V mase kapra bylo nalezeno velmi rozdílné zastoupení mastných kyselin (FA) (Kinsella, 1978; Sýkora a Valenta, 1978; Kim a Lee, 1986; Vácha a Tvrzická, 1995).

Guillaume a kol. (2001) uvádí v mase kapra obecného průměrný obsah nasycených mastných kyselin (SFA) 36,3 % a mononenasycených mastných kyselin (MUFA) 35,6 %. Podíl polynenasycených mastných kyselin (PUFA) v kapřím mase se pohybuje ve velice širokém rozmezí, od 11,6 – 15,7 % ze všech mastných kyselin (v závislosti na linii a typu rybníka, Bieniarz aj., 2000) do 32,3 – 34,5 % (Geri a kol., 1995). Totéž platí i o poměru n-3/n-6 PUFA, naměřené hodnoty se pohybují od 1,12 (Vácha a Tvrzická, 1995) do 3,02 (Sýkora a Valenta, 1978). Svalovina kaprů chovaných na oteplené vodě vykazuje vyšší

hodnoty poměru n – 3/n – 6 PUFA (1,52) ve srovnání s kapry stejného věku chovanými v přirozených podmínkách (0,47) (Geri aj., 1995).

Byl porovnáván obsah kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA) v tuku extrahovaném z bílé a červené svaloviny. V bílé svalovině byl zjištěn nižší obsah kyseliny linolové (LA), vyšší koncentrace EPA a výrazně vyšší hodnoty DHA než ve svalovině červené (Sýkora a Valenta, 1978).

Tab. 9. Zastoupení mastných kyselin ve svalovině kapra

Mastné kyseliny	Kinsella a kol., 1978	Sýkora a Valenta, 1978		Kim a Lee, 1986	Vácha a Tvrzická, 1995
		bílá svalovina	červená svalovina		
C 18:2 n-6	5,00	2,97	4,54	3,90	7,68
C 18:3 n-3	5,50	6,16	6,18	6,00	2,73
C 20:4 n-6	4,50	5,27	5,61	3,50	0,73
C 20:5 n-3	5,00	9,19	8,09	6,00	2,38
C 22:6 n-3	2,70	14,84	9,15	5,10	2,48
Σ SFA	24,10	31,17	28,97	36,30	26,98
Σ MUFA	44,30	22,53	29,83	35,60	53,76
Σ PUFA	28,40	46,30	41,20	27,90	19,26
Σ (n-6)	11,80	11,51	12,98	9,40	9,09
Σ (n-3)	16,60	34,79	28,22	18,50	10,17
Σ (n-3) / Σ (n-6)	1,41	3,02	2,17	1,97	1,12

Vztah mezi celkovou tučností a poměrem jednotlivých řad MK

Nejvyšší obsah n - 3 PUFA (EPA, DHA) byl zjištěn u pstruha (*Salmo spp.*, Linnaeus 1758), lipana (*Thymallus th.*, Linnaeus 1758) a síhů (*Coregonus spp.*, Linnaeus 1758) a to 1,7 - 2,6 %. Málotučná štika (*Esox lucius*, Linnaeus 1758) a středně tučný síh měli největší poměr n – 3/n - 6 a sice 8 - 9, zatímco velmi tučný úhoř (*Anguilla anguilla*) měl tento poměr 1,1 - 1,8. PUFA jsou závislé na sumě mastných kyselin po dosažení tučnosti ryby více jak 10 % hmotnosti. Poměr PUFA / SFA klesá se stoupající hodnotou sumy všech mastných kyselin (FA), zatímco poměr n - 3/n - 6 nevykazuje zcela jasnou korelaci k sumě FA. Tyto rozdíly vedou k závěru doporučit ke konzumaci spíše málo a středně tučné ryby (Ahlgreen a kol., 1994).

Změny ve složení mastných kyselin

Na zastoupení mastných kyselin (FA) ve svalovině kapra má vliv celá řada faktorů. Průkazný vliv teploty vody zaznamenali Farkas a Csengeri (1976) i Takeuchi a Watanabe (1982), vliv obsahu kyslíku ve vodě Vanraaij (1994). Největší obsah PUFA byl nalezen v mlíčí a kosterní svalovině kapra během léta, v hepatopankreatu na jaře, v jikrách na podzim. Obsah kyseliny eikosapentaenové zůstává v jikrách vysoký ve všech ročních obdobích s výjimkou léta. Změny ve složení PUFA ve stejných tkáních v průběhu roku závisí především na druhu předkládaného krmiva (Kmínková aj., 2001). Vlivem rozdílných zdrojů energie a hladovění na obsah mastných kyselin (FA) se zabývali Takeuchi aj. (1978, 1987) a Csengeri (1996).

2.12 Vztah nasycenosti ryb a poměru n-3 a n-6 PUFA

Byl sledován vztah mezi složením mastných kyselin a množstvím předkládaného krmiva u mořana okounovitého (*Diplodus puntazzo*). Byly vytvořeny čtyři skupiny ryb, kde první skupina byla nasycena zcela, druhá ze dvou třetin, třetí z jedné třetiny a poslední čtvrtá hladověla. Omezování příjmu potravy vedlo ke zvýšení poměru n - 3 : n - 6 a sice ve prospěch n - 3 kyselin, zejména vyšších nenasycených mastných kyselin. U orgánového tuku bylo snižování poměru kyselin statisticky průkazné při porovnání všech skupin ku skupině plně nasycené. U jaterního a svalového tuku byly rozdíly statisticky průkazné pouze při porovnání skupiny ryb z jedné třetiny nasycených a hladovějících. Protože n - 3 kyseliny jsou 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 aj., 2004).

Byl zkoumán projev vysoce energetického a proteinově bohatého krmiva u kapra. Po období velmi intenzivního krmení byli kapři ponecháni čtyři měsíce hladovět. To mělo za následek pokles bílkovin ve svalovině a také pokles viscerálního lipidu. Zároveň však došlo k významnému zvýšení obsahu mastných kyselin (Takeuchi aj., 1987).

2.13 Zdravotní účinky PUFA

U grónských inuitů (Bang a kol. 1976) a rybářů v japonských přímořských vesnicích (Yamada a kol. 2000) byl zaznamenán podstatně nižší výskyt kardiovaskulárních obtíží než u ostatních lidí. Důvodem je zvýšený příjem vícenasycených mastných kyselin (PUFA) skupiny n-3. Protože podstatnou část jejich potravy tvoří ryby, velcí mořští savci a korýši, jejichž tuk obsahuje velké množství těchto kyselin v porovnání s běžnou stravou,

jsou více chráněni před vznikem těchto obtíží. Dieta inuitů obsahovala až 40 % energie v lipidech. Později bylo zjištěno, že se vícenenasycené mastné kyseliny skupiny n-3 uplatňují i v prevenci cerebrovaskulárních onemocnění a některých zánětlivých i dalších onemocnění a některé z nich, především DHA, mají zásadní význam pro vývoj sítnice a mozku u dětí (Connor, 2000; Uauy a Mena, 2001).

Zvýšený obsah PUFA v rybím tuku působí značně příznivě na celou řadu zdravotních problémů. PUFA působí na snižování hladiny cholesterolu v krvi (Itakura, 1993), na druhou stranu mohou být prekurzory látek, které jsou klíčovým faktorem při vzniku kardiovaskulárních obtíží (Carlier aj., 1991).

Strava s vysokou úrovní obsahu n – 3 vícenenasycených mastných kyselin snižuje riziko vzniku nádorových onemocnění (Cave, 1991). Příznivý účinek PUFA se projevuje při prevenci koronárních onemocnění, infarktu myokardu a dalších cévních chorob. Rovněž příznivě působí na rozvoj imunitního systému.

V posledních čtyřech desetiletích bylo dokázáno, že existuje vztah mezi poměrem nenasycených mastných kyselin a nasycených mastných kyselin a výskytem aterosklerózy a koronárních obtíží. Riziko vzniku těchto problémů je úměrné množství sérového cholesterolu. Celkové množství cholesterolu lze snižovat příjmem stravy bohaté na vícenenasycené mastné kyseliny. Srážení krve, krevní tlak a ucpávání cév může být ovlivněno oxy-deriváty vícenenasycených mastných kyselin (Vance, 1991).

2.14 Doporučovaný poměr jednotlivých řad MK při konzumaci

Příjem obou typů esenciálních mastných kyselin (MK) by měl být ve správném poměru. Nadměrný příjem MK jedné skupiny může narušovat metabolismus MK druhé řady a vést například k nadprodukci eikosanoidů. Kyselina, které je nadbytek, může v metabolických procesech nahrazovat původní kyselinu, ale nevykazuje její původní specifický účinek (Horrobin, 1995).

Mnohými odborníky doporučený poměr konzumovaných MK řad n-6 a n-3 je 5:1 až 1:10, nejnovější doporučení hovoří o poměru 5:1 (Kunešová, 1999). Současná typická strava západního stylu vede ke konzumaci nadměrného množství n-6 kyselin, podle odhadů v poměru 14:1 (Carter, 1993). Nadbytek některých metabolitů může vysvětlovat vznik celé řady civilizačních chorob, jako např. kardiovaskulární onemocnění, kožní poruchy, a pravděpodobně také rakoviny (Newton, 1997). Obecně se předpokládá, že v případě n - 3 kyselin by měla denní spotřeba odpovídat 1 % energetického příjmu, což při 12 000kJ

představuje asi 3 - 4 g. Spotřeba n-6 kyselin by neměla přesáhnout 10 % energetického příjmu, tj. asi 30 - 40 g denně (Voldřich a Dobiáš, 1991).

2.15 Výživové doporučení pro obyvatelstvo České republiky

V současnosti přetrvává v České republice vysoký, v řadě případů předčasný nárůst neinfekčního onemocnění hromadného výskytu, a to zejména aterosklerózy s různými orgánovými komplikacemi, hypertenze, nádorů (především plic a tlustého střeva), obezity, diabetu II. typu, dny, osteoporózy, a dalších chorob, které zvyšují úmrtnost naší populace proti jiným zemím. V řadě příčin, které vedou k tomu stavu, má (vedle genetické zátěže) největší význam nesprávná výživa.

V nutričních parametrech by mělo být, v souladu s výživovými cíli pro Evropu - WHO (Světové zdravotnické organizace), dosaženo následujících změn:

- upravení příjmu celkové energetické dávky u jednotlivých populačních skupin v souvislosti s pohybovým režimem tak, aby bylo dosaženo rovnováhy mezi jejím příjmem a výdejem pro udržení optimální tělesné hmotnosti v rozmezí BMI 20-25;

Snížení příjmu tuku u dospělé populace tak, aby celkový podíl v energetickém příjmu nepřekročil 30% optimální energetické hodnoty (tzn. u lehce pracujících dospělých cca 70g na den), u vyššího energetického výdeje 35 %;

- dosažení podílu nasycených, monoenoových a polenoových mastných kyselin řady n-6 / n-3 maximálně 5:1 a příjmu trans nenasycených mastných kyselin do 2% celkového energetického příjmu. Podle doporučení WHO má být příjem trans nenasycených mastných kyselin ještě nižší, jen do 1 %;

- snížení příjmu cholesterolu na max. 300 mg za den (s optimem 100 g na 1000 kcal) (Mourek, 2007).

3 Materiál a metodika

3.1 Technické a materiální zajištění pokusů

Pokusy probíhaly na rybnících v poloprovozních podmínkách střediska Lomnice nad Lužnicí 2003 – 2004 (viz příloha mapa 1) a Střediska Chlum u Třeboně (viz příloha mapa 2) 2004 - 2005 v režii Rybářství Třeboň a.s. V roce 2003 byl chován kapr provozně označován K₃, který byl zajištěn odchylem z rybníka Dvořiště, středisko Lomnice nad Lužnicí, o průměrné kusové hmotnosti $1,13 \pm 0,34$ kg, stejného stáří a genetického původu třeboňský šupináč (Pokorný a kol. 1995). V roce 2004 byl pokusný třeboňský šupináč tříletý z rybníka Medenice žítecká, středisko Chlum u Třeboně o průměrné kusové hmotnosti $0,52 \pm 0,23$ kg. Tyto pokusné ryby byly použity pro nasazení pokusných rybníků a další sledování.

Lokalita

První pokus byl nasazen tříletým kaprem z rybníka Dvořiště (2003) do rybníků Nadějské soustavy Horák (2,2 ha), Fišmistr (2,8 ha), Baštýř (1,7 ha), Pěšák (2,7 ha).

V roce 2004 probíhal druhý krmný pokus na Chlumecké soustavě rybníků, konkrétně na Humlenských rybnících I – VI. Humlena I (0,65 ha), Humlena II (2,12 ha), Humlena III (2,41 ha), Humlena IV (1,13 ha), Humlena V (1,83 ha), Humlena VI (2,17 ha). Viz. příloha mapy lokalit.

Označení pokusu

V rámci disertační práce byly vypracovány tři na sobě navazující pokusy, které analyzují kvalitativní vlastnosti masa kapra vázané na přijímané potravě. Označení jednotlivých částí experimentu bylo zvoleno jako pokus I, pokus II, pokus III.

Krmivo

Ryby byly přikrmovány zvolenou obilovinou nebo přirozenou potravou (plankton, bentos). Krmivo dodaly Zemědělské služby Dynín a.s. a zároveň dodaly rozborů živin a energetické ukazatele jednotlivých obilovin. Hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 10, 11.

Tab. 10. Použitá krmiva v roce 2003 na rybnících Nadějské soustavy

obilovina	vlhkost	NL*	tuk	vláknina	škrob	popel
	%	%	%	%	%	%
pšenice	12,8	13,6	1,7	2	57,7	1,5
triticale	13,6	10,3	1,7	2,5	58,3	1,7
kukuřice	11,5	9,4	4	1,9	60,1	1,4

Tab. 11. Použitá krmiva na rybnících Chlumecké soustavy 2004

obilovina	vlhkost	NL*	tuk	vláknina	škrob	popel
	%	%	%	%	%	%
pšenice	13,5	12,6	1,6	2,2	56,6	1,5
triticale	13	10,4	1,6	2,2	57,9	1,7
kukuřice	13	10,8	2	4,7	52,5	2
ječmen	13	9,5	3,9	1,6	61,5	1,3
žito	13	8,5	1,4	2,7	56,6	1,5

*NL – dusíkaté látky

Při zahájení řešení jednotlivých dílčích úkolů byly stanoveny základní biometrické parametry ryb a na základě hmotnosti obsádky, počtu nasazených a vylovených ryb stanoven přírůstek a koeficient konverze krmiva (viz příloha pokus I, pokus II).

Vzorky

Po výlovu v roce 2003 a 2004 bylo odebráno z každého rybníka po 15 kusech ryb. Ryby byly označeny a roztříděny. U pokusných ryb byla stanovena výtěžnost, organoleptické vlastnosti masa a chemické analýzy masa. pokus I (viz. metodika).

U pokusu II, III byly stanoveny chemické rozbory svaloviny u 15 ryb.

Metodika dlouhodobé sádkování (hladovění) ryb (pokus I)

Kapři odchovaní na pokusných rybnících Nadějské soustavy byli po výlovu 29.9.2003 odvezeni na sádku do Třeboně. Pokusní kapři z jednotlivých rybníků byli označeni. Pokus dlouhodobého sádkování trval 261 dní. Do pokusné sádky bylo umístěno od každé skupiny 350 kusů ryb. Během sádkování bylo každý měsíc odebráno 10 ryb u kterých byly provedeny chemické rozbory svaloviny. viz pokus I. Na začátku a konci celého pokusu byla u ryb stanovena výtěžnost a organoleptické vlastnosti svaloviny.

3.2 Výtěžnost

Výtěžnost byla stanovena z 15 kusů ryb z každé pokusné skupiny.

Stanovení výtěžnosti vychází z norem ČSN 46 6802 -1989.

Výtěžnost je poměr hmotnosti těla ryby k hmotnosti ryby.

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

- a) u kapra obecného, karase obecného, amura bílého, candáta obecného, cejna velkého, okouna říčního, perlína ostrobřichého, plotice obecné, sumce velkého, štiky obecné, tolstolobika pestrého a bílého bez hlavy (oddělené obloukovitým řezem ze skřelovou kostí tak, aby pletenec prsních ploutví zůstal u trupu, vnitřních orgánů, šupin a ploutví oddělených těsně při bázi těla);
- b) u pstruha duhového, pstruha obecného, sivena amerického bez žaber a vnitřních orgánů (hlava, šupiny zůstávají součástí těla) U bufala černého, parmy obecné, síha severního marény, síha peledě, tilapie a okounka pstruhového bez šupin vnitřních orgánů;
- c) 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 nemají 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 % se provede podle vzorce:

$$V = Ht / Hr * 100$$

kde: Ht je hmotnost těla,

Hr hmotnost ryby

3.3 Organoleptické hodnocení svaloviny (pokus I)

K pokusům byl použit kapr obecný o kusové hmotnosti od 1 400 g do 2 500 g. Ryby byly chovány ve čtyřech rybnících v oblasti Nadějské soustavy, středisko Lomnice na velice rovinně vyrovnaných rybnících Pěšák, Horák, Fišmistr, Baštýř o průměrné rozloze 2,35 ha. Ryby byly přikrmovány obilovinami (pšenice, kukuřice, triticales) a bez přikrmované obiloviny (kontrola) během vegetačního období roku 2003. Do každé skupiny (4 skupiny) bylo k hodnocení zařazeno vždy po 15 jedincích. Celkem bylo použito 60 pokusných ryb.

Pro organoleptické hodnocení ryby byly zabity, odšupinovány, odříznuty ploutve a hlava a naporcovány, zchlazeny a připraveny pro další hodnocení. Vzorkovnice se vzorky byly označeny kódovými čísly. Každá vzorkovnice obsahovala poměrnou část z trupu přední a střední části bez ocasního násadce. Tepelná úprava vzorků trvala 20 minut při teplotě 250°C. Organoleptická analýza byla hodnocena s použitím grafických stupnic. Používala byla nestrukturovaná hédonická grafická stupnice. Organoleptické hodnocení se provádělo v panelu 10 osob ve třech opakováních (v 8,30; 9,30 a 10,30 h) v rozmezí 60 min. Byly sledovány čtyři jakostní znaky: vůně, chuť, pachů a konzistence.

Ke každému znaku byla předtištěna nestrukturovaná úsečka. Při získání výsledků jsme vycházeli z toho, že vzdálenost od začátku (žádoucí, kladná vlastnost) k označenému místu bude hodnocena ekvivalentem vyjadřujícím číselnou hodnotu intenzity vjemu v milimetrech. Čím je tato vzdálenost větší, tím je hodnocení méně příznivé. Metodika práce odpovídá požadavkům pro senzorická hodnocení (Pokorný, 1993).

3.4 Chemické rozbory

Svalová tkáň byla odebrána z 10 kusů ryb z obou lokalit (Lomnice 2003, Chlum 2004). Pro chemické rozbory byla svalová tkáň homogenizována v tříštivém mlýnku (model K35, Zannusi) a vzorky byly zmrazeny na - 60 °C do doby stanovení celkových lipidů, dusíkatých látek, sušiny a tuků.

Stanovení obsahu základních živin v rybím mase

(obsah živin uveden v % v absolutní sušině)

Stanovení sušiny

Sušina se stanoví jako zbytek látky po vysušení vzorku při 105 °C.

Stanovení dusíkatých látek metodou podle Kjeldahla na přístroji Kjeltec

Vzorek se mineralizuje kyselinou sírovou za varu a přítomnosti katalyzátoru. Dusík se mineralizuje na síran amonný, z něhož se v alkalickém prostředí uvolní amoniak, ten se předestiluje s vodní parou do předlohy a pak se titračně stanoví jeho obsah.

Destilace byla provedena na přístroji Kjeltec system 1002 Distiling unit.

Stanovení tuků extrakcí podle Soxhleta

Vzorek se za předepsaných podmínek extrahuje petroléterem. Přebytečné rozpouštědlo se odpaří a vysušený tuk se hmotnostně stanoví.

Procento obsahu tuku (x) se vypočítá :

$$X = (b - a) \cdot n^{-1} \cdot 100$$

a – hmotnost prázdné extrakční baňky

b – hmotnost extrakční baňky s tukem vyextrahovaným ze vzorku

n – navážka vzorku rybí svaloviny

Stanovení spektra obsahu aminokyselin

Tato metoda byla použita u pokusu I.

Princip metody:

Vázané aminokyseliny je nejprve nutno uvolnit z bílkovinného řetězce. Jako hydrogenační činidlo se používá roztok kyseliny chlorovodíkové pro stanovení těchto aminokyselin – kyselina asparagová, treonin, serin, kyselina glutamová, prolin, glycin, alanin, valin, isoleucin, leucin, tyrosin, fenylalanin, histidin, lysin, arginin.

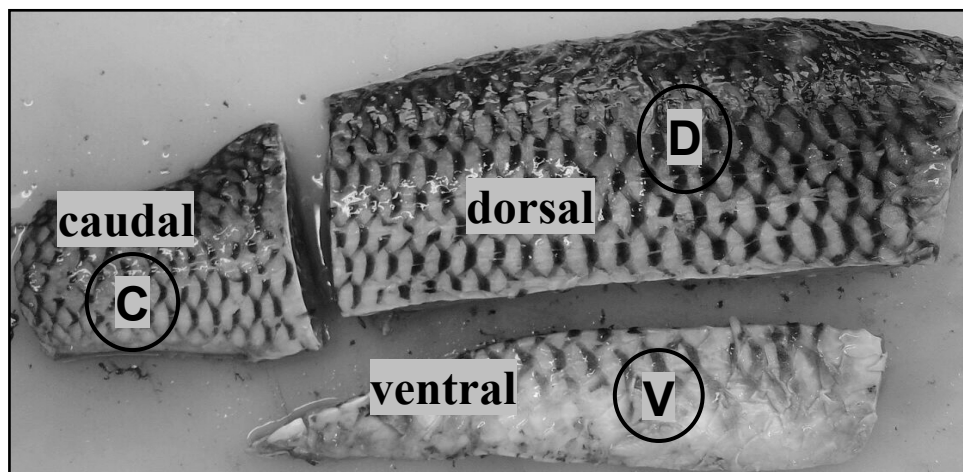
Vlastní analýza dále pokračuje na přístroji AAA 400.

Iontoměničová chromatografie aminokyselin.

Aminokyseliny jsou odděleny chromatografií založenou na výměně iontů. Chromatografická kolona je naplněna pryskyřicí s negativním nábojem a aminokyseliny jsou na kolonu zaváděny při nízkém pH. Tím jsou všechny kladně nabity. Za těchto podmínek nenastane chromatografické dělení. Aminokyseliny čekají na začátku kolony na změnu podmínek. Při zvýšeném pH, zvýšené teplotě nebo vyšší iontové síle elučního roztoku dojde k dosažení izoelektrického bodu aminokyseliny. Metodika stanovení aminokyselin po kyselé hydrolyze. Přístroj AAA 400 (INGOS s. r. o. Praha).

Stanovení mastných kyselin

Pro analytické rozbory bylo použito 15 ryb z každé skupiny. Ryby byly zabity, vykuřeny, odstraněny šupiny a filetovány. U pokusu I a II, byl použit celý filet. U pokusu III byl filet rozdělen na 3 části tak, aby v analyzovaných vzorcích (viz obrázek) byl podíl hřbetní, břišní a ocasní svaloviny – v popisu dále označeno jako partie caudal (C), dorsal (D), ventral (V).



Obr. 2. Rozdělení filetu

Extrakce lipidů byla provedena u všech pokusů.

Postup separace:

Lipidy byly extrahovány petroletherem z lyofilizovaných vzorků svaloviny při 4 °C po dobu 24 hodin. Extrakt byl odpařen pod dusíkem při 60 °C a izolované lipidy byly použity ke stanovení mastných kyselin.

Bazická derivatizace pracuje s 40 – 50 mg vyextrahovaného tuku, který byl rozpuštěn v 1ml petroletheru a přidáno 0.2ml 2M KOH v methanolu (CH₃OH) a ponechán 2min. ve vodní lázni 60 °C. Vzorek byl dále zneutralizován 0.4 ml 1M HCl v methanolu. (CH₃OH) zředěn 1 ml petroletheru a použit k nástřiku do plynového chromatografu .

Tab.12 Parametry chromatografického stanovení

parametr	hodnota
kolona	Omegawax 530, 30m x 0,53 mm
detektor	FID
teplota: - kolona	170 °C
- nástřik	250 °C
- detektor	250 °C
průtok dusíku	6ml/min
nástřik	1µl

Statistika

Statistická analýza zjištěných výsledků byla provedena v programech Statistica 6.0-8.0. (2003). Byly použity tyto metody hodnocení základní statistické hodnocení (pokus I, pokus II, pokus III) , jednofaktorová analýza rozptylu ($P < 0,05$) s navazujícím Tukey testem (pokus I, pokus II), vícefaktorová ANOVA ($P < 0,05$) (pokusI, II), korelační analýza (pokus I), hiarchická ANOVA ($P < 0,05$), (pokus III).

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

4.1 Pokus I

Zastoupení PUFA během dlouhodobého sádkování (hladovění) kapra obecného

Charakteristika pokusu

V roce 2003 bylo na rybnících Pěšák, Horák, Fišmistr zkrmeno celkem 9301 kg obilovin (kukuřice, pšenice, triticales). Celkový přírůstek za období od nasazení do výlovu činil 2699 kg. Celkový přírůstek v rybníce Baštýř, kde nebylo přikrmováno, byl 103 kg, průměrný kusový přírůstek byl 0,172 kg. Naproti tomu průměrný kusový přírůstek ryb krmených obilovinami byl několikanásobně vyšší: 1,084 kg (kukuřice); 0,987 kg (pšenice) a 0,915 kg (triticale). Průměrná hmotnost ryb při výlovu na konci vegetačního období činila 2,02 kg. (viz příloha tab. 28)

Celý pokus byl však ovlivněn přítomností střevličky východní (*Pseudorasbora parva*), a její masivní výskyt ovlivnil přírůstek kaprů, zastoupení polynenasycených mastných kyselin a obsah celkových tuků v rybím mase (viz tab. 13).

Tab. 13. Hodnoty stanovených tuků a dusíkatých látek v rybí svalovině na začátku sádkování

krmivo	původní sušina	dusíkaté látky	tuk
kukuřice	33,43±0,36*	18,20±0,21	13,26±0,42
pšenice	31,98±0,54	19,02±0,14	11,22±0,36
triticale	29,13±0,90	17,45±0,54	9,72±0,34
kontrola	23,62±0,39	18,88±0,35	1,76±0,07

*průměr(%)±sm.odch

(obsah živin uveden v % ve 100 původní svaloviny)

Složení mastných kyselin v předkládaném krmivu

Analýza složení tuku v předkládaném krmivu (viz tab. 14) ukázala, že nejvíce zastoupenými mastnými kyselinami jsou kyseliny s 18 – ti uhlíky v řetězci, kyseliny linolová (LA, C18:2) a olejová (OA, C18:1) a dále nasycená mastná kyselina s 16 uhlíky, kyselina palmitová (PA, C16:0). LA tvořila v kukuřici 52,5 %; v pšenici a v triticales 59 %

z celkového tuku. Kyselina olejová tvořila 32,7 % z celkového tuku u kukuřice, u pšenice a triticales to však bylo o poznání méně – 16,4 % a 17,5 %. Oproti tomu byly zaznamenány u kukuřice nižší hodnoty kyseliny palmitové (10,2 %) než v tuku extrahovaném z pšenice (16,1 %) a triticales (15,2 %).

Tab. 14 Složení mastných kyselin v předkládaném krmivu (v % z celkového tuku)

mastné kyseliny	vzorec	kukuřice	pšenice	triticales
myristová	C14:0	0,009	0,05	0,04
palmitová	C16:0	10,23	16,06	15,15
palmitolejová	C16:1	0,17	0,26	0,17
stearová	C18:0	0,68	0,99	0,77
olejová	C18:1	32,75	16,42	17,46
linolová	C18:2	52,44	58,90	58,81
α-linolenová	C18:3n3	1,13	4,86	5,26
arachová	C20:0	0,49	0,12	0,09
gadolejová	C20:1	0,42	0,70	1,08
eikosadienová	C20:2n6	0,024	0,16	0,12
behenová	C22:0	0,13	0,085	0,081
lignocerová	C24:0	0,087	0,11	0,14

Zástupcem n–3 PUFA mastných kyselin v tuku extrahovaném z uvedených obilovin je kyselina α – linolenová (ALA, C18:3n3). U pšenice a triticales byly změřeny několikanásobně vyšší hodnoty této kyseliny (pšenice 4,87 %; triticales 5,27 %) než v tuku kukuřice (1,14 %). Byl vyhodnocen vzorek přirozené potravy kapra. Bylo stanoveno orientační složení mastných kyselin v planktonu a bentosu. Výsledky jsou uvedeny v příloze – tabulka 42.

Souhrn naměřených hodnot PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, n-6/n-3 PUFA, EPA, DHA ve svalovině ryb

Během pokusu byly shromážděny údaje o složení tuku ryb příkrmovaných rozdílnými obilovinami a ryb chovaných bez příkrmování (viz příloha tab. 29-32). Pro porovnání obsahu PUFA, PUFA skupin n-6 a n-3, kyseliny eikosapentaenové (EPA), kyseliny dokosaheptaenové (DHA) a poměru n-6/n-3 PUFA byly vytvořeny souhrnné tabulky (viz příloha tab. 38-41). Jako doplňkové ukazatele byly stanoveny hodnoty SFA a hodnoty poměrů MUFA/SFA, PUFA/SFA, PUFA/MUFA.

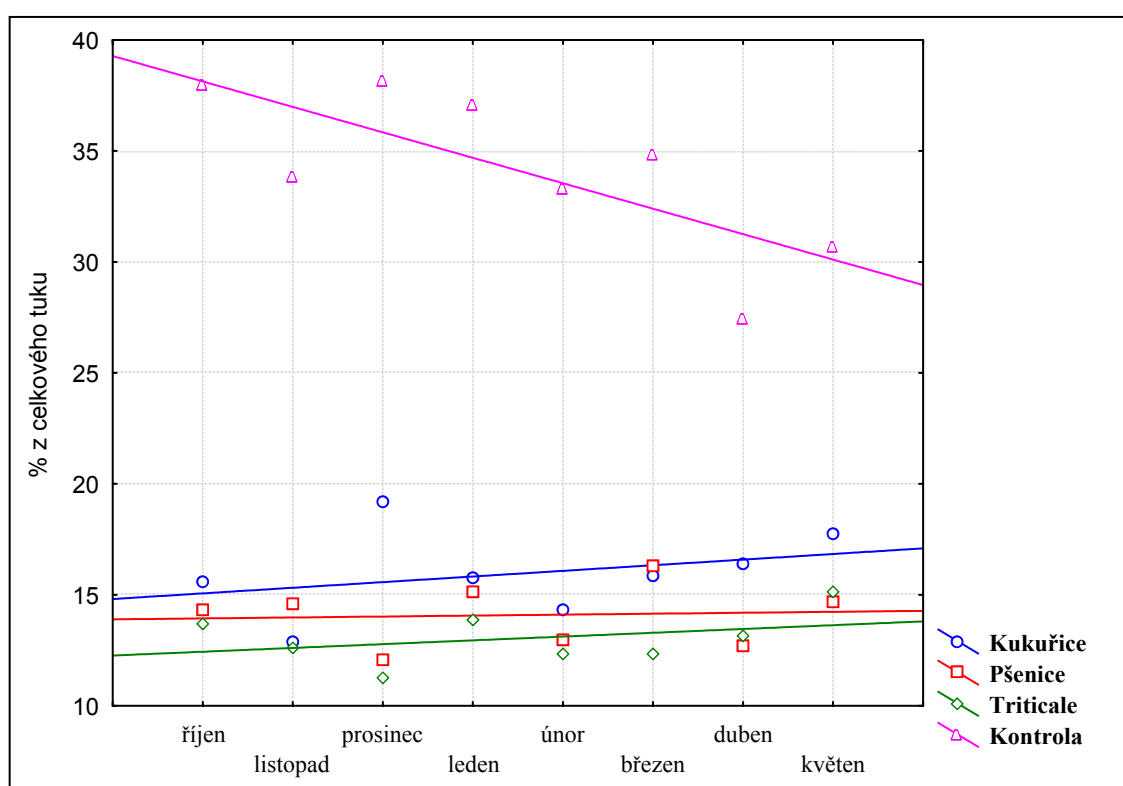
Nejvyšší hodnoty podílu PUFA (34,12 %), n-6 (18,46 %) a n-3 PUFA (13,77 %) z celkového tuku ve svalovině ryb byly naměřeny v kontrolních rybách. Průměrné hodnoty podílu těchto mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině ryb příkrmovaných kukuřicí, pšenicí, triticaem a bez příkrmování jsou shrnuty v tab. 37. Z ryb příkrmovaných obilovinami byly naměřeny největší hodnoty u skupiny ryb krmených kukuřicí. Zároveň je patrné, že nejvyšší hodnoty poměru n-6 a n-3 PUFA byly zaznamenány ve svalovině ryb krmených kukuřicí (3,54), zatímco svalovina kontrolních ryb vykazuje nejnižší hodnoty (1,35) tohoto poměru. V případě esenciálních mastných kyselin řady n-3, kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosaheptaenové (DHA), byly naměřené hodnoty podílu těchto kyselin z celkového tuku nejvyšší také u kontrolní skupiny ryb (EPA – 2,41 %; DHA – 3,38 %). Uvedené průměrné hodnoty podílu PUFA, n-6 a n-3 PUFA, EPA a DHA z celkového tuku ve svalovině kapra jsou graficky znázorněny v kapitole příloha grafy 43 – 48.

Grafické znázornění naměřených hodnot

V následujících grafech jsou znázorněny naměřené hodnoty podílu sledovaných mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině pokusných ryb. Bodové grafy byly programem Statistica 6.0 proloženy lineární závislostí, která pomohla posoudit změny těchto hodnot v průběhu trvání pokusu.

Celkový obsah PUFA

Graf 1. Celkový obsah PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 - květen 2004.

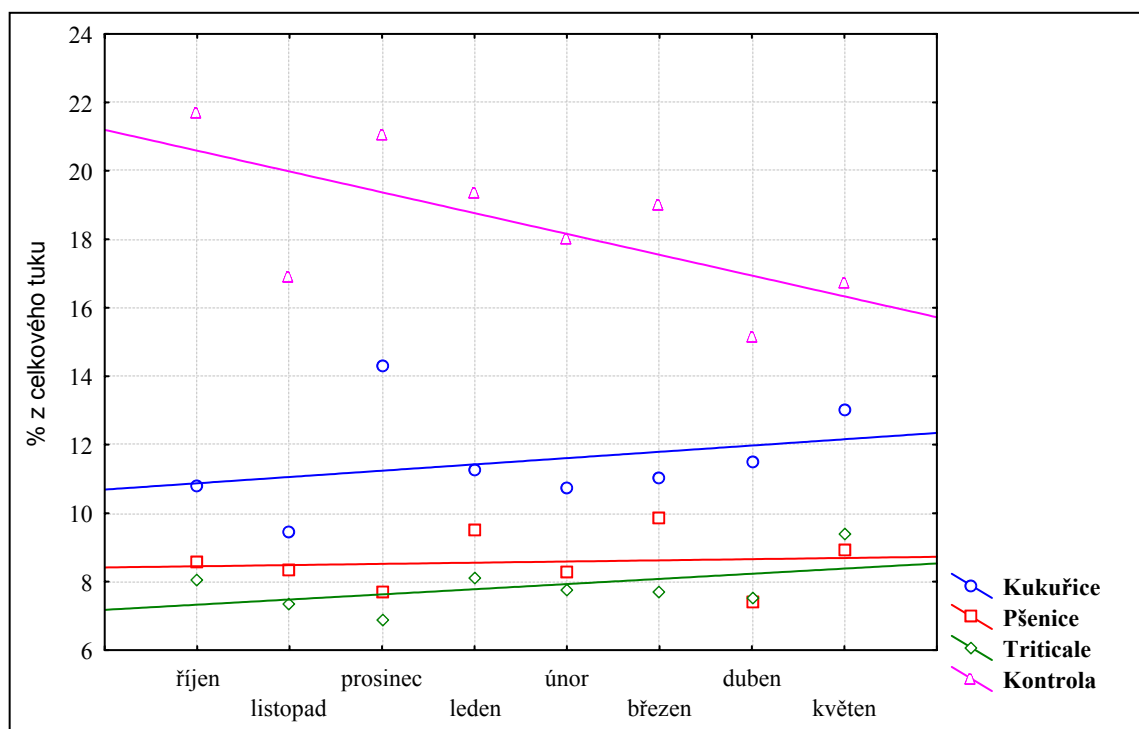


V grafu 1 jsou vyobrazeny naměřené hodnoty podílu PUFA z celkového tuku ve svalovině pokusných ryb. U ryb z kontrolní skupiny je tento podíl výrazně vyšší než u ostatních skupin a také je zde dobře patrná klesající tendence sledovaných hodnot. Oproti tomu hodnoty naměřené u ryb krmených obilovinami stoupají, pouze u pšenice není tento posun tak výrazný. Za povšimnutí stojí měsíc prosinec, kde dosáhly maximálních hodnot kontrolní ryby a ryby krmené kukuřicí, naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny ve svalovině ryb krmených pšenicí a triticalem.

Celkový obsah n-6 PUFA

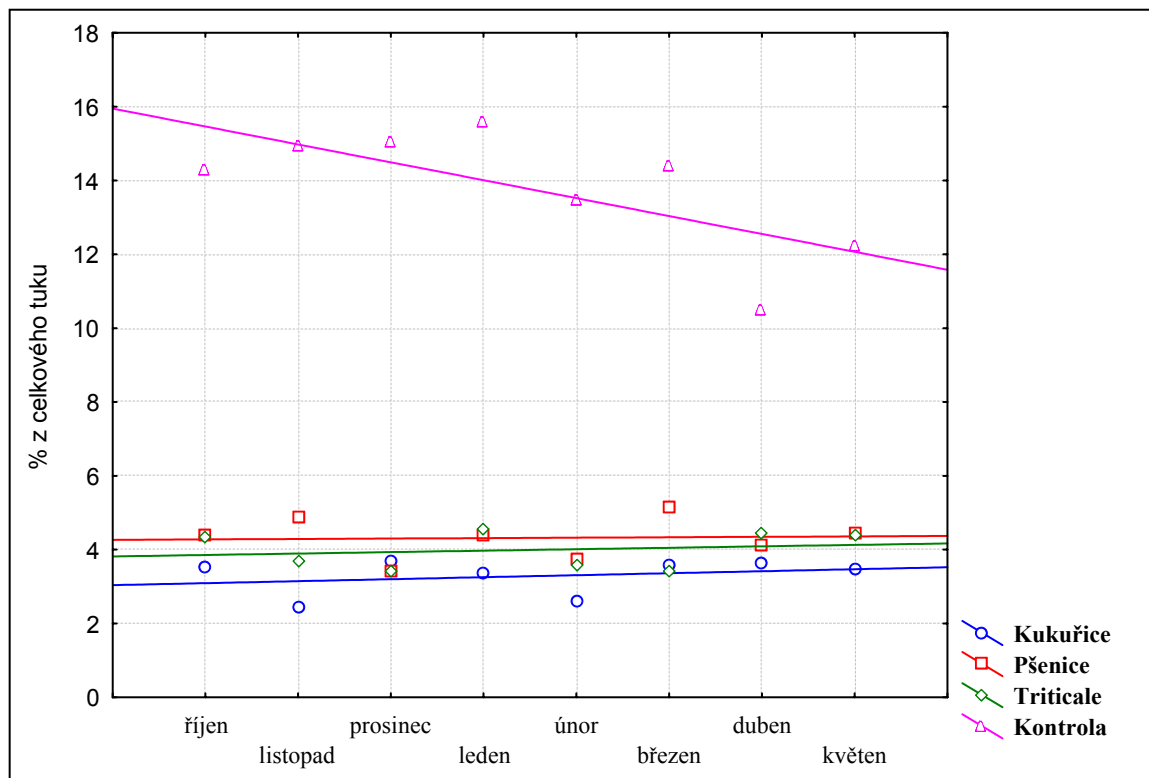
Nejvyšší hodnoty byly naměřeny opět u skupiny kontrolních ryb. Ve svalovině ryb krmených obilovinami byl zaznamenán nejvyšší podíl n-6 PUFA z celkového tuku u ryb krmených kukuřicí (viz. graf 2). U obilovin můžeme pozorovat vzestupnou tendenci těchto hodnot, přičemž nejméně výrazné jsou tyto změny u pšenice.

Graf 2. Celkový obsah n – 6 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 - květen 2004



Celkový obsah –3 PUFA

Graf 3. Celkový obsah n–3 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 - květen 2004

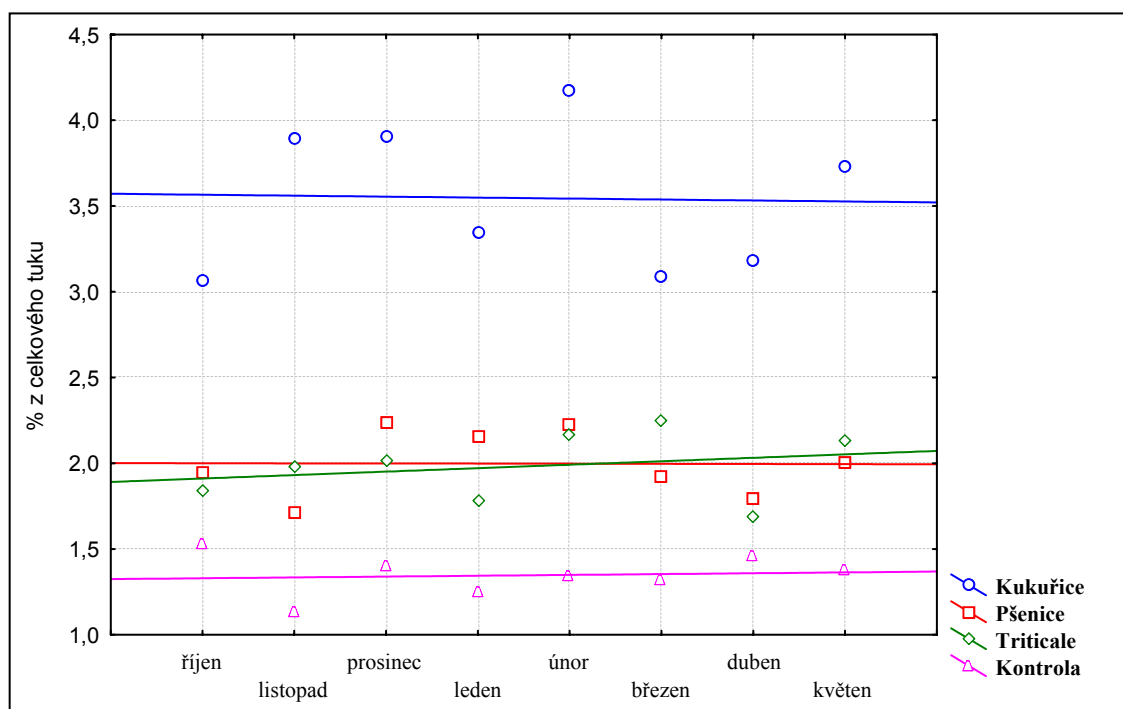


V grafu 3 je patrné, že u skupiny kontrolních ryb hodnoty klesají, výraznější pokles můžeme vysledovat v měsících dubnu a květnu. Ve svalovině ryb krmených obilovinami hodnoty nepatrně stoupají. Nejvyšší podíl mastných kyselin skupiny n–3 z celkového tuku byl zjištěn u skupiny kontrolních ryb. Nejmenší podíl n–3 PUFA byl naměřen u skupiny ryb krmených kukuřicí.

Poměr n-6 PUFA / n-3 PUFA

Hodnoty poměru n-6 / n-3 PUFA zůstávaly poměrně konstantní v průběhu pokusu s výjimkou skupiny ryb příkrmovaných triticalem, kde je nejlépe patrná stoupající tendence (viz graf 4). U skupiny ryb příkrmovaných kukuřicí se však tyto hodnoty pohybují ve velkém rozmezí – od 3,06 % v říjnu po 4,17 % v únoru. V následujících grafech je dobře vidět, že naměřené hodnoty v tuku ryb krmených pšenicí a triticalem byly na velmi podobné úrovni – 2,0 % u ryb krmených pšenicí a 1,98 % u ryb příkrmovaných triticalem (viz přílohy tab. 33-36).

Graf 4. Poměr n – 6/n – 3 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 - květen 2004

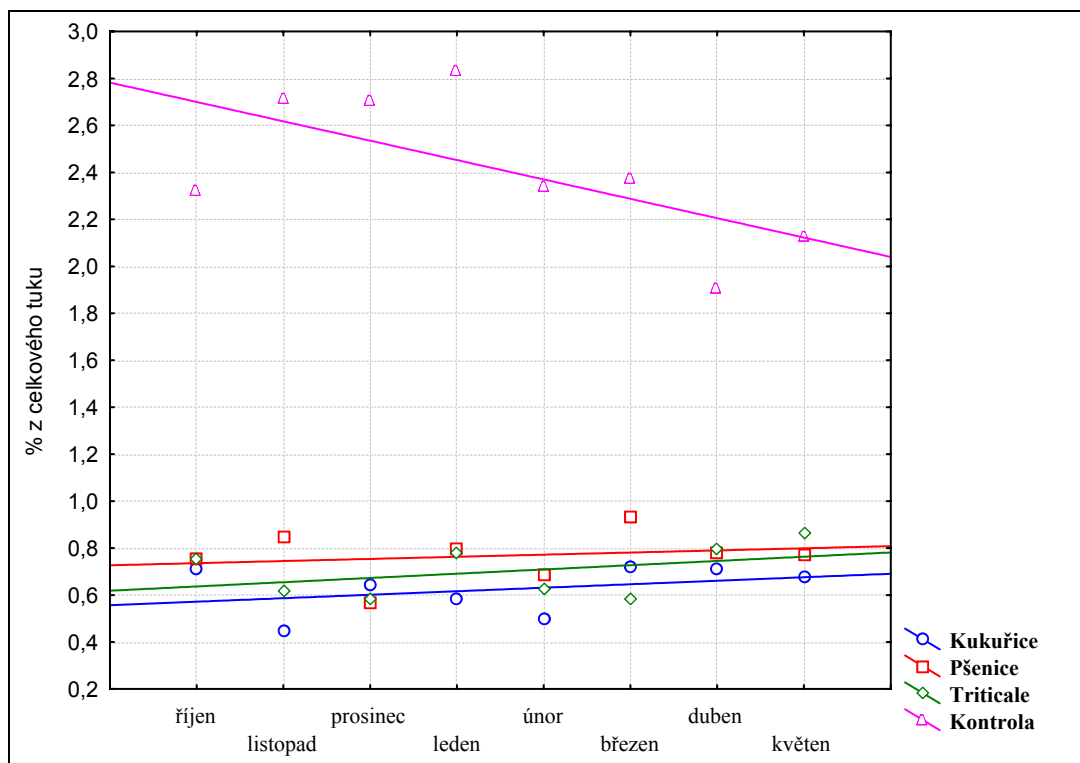


Nejnižší hodnoty tohoto poměru byly zjištěny u kontrolních ryb. Rozkolísanost hodnot v případě skupiny kontrolních ryb však není tak značná jako u ryb krmených kukuřicí a pohybuje se v rozmezí od 1,1 % do 1,5 %.

Obsah EPA ve svalovině ryb

Podíl kyseliny eikosapentaenové (EPA) z celkového tuku ve svalovině má u skupiny kontrolních ryb stejně jako v případě měření PUFA, n-6 a n-3 PUFA klesající tendenci. odnoty této mastné kyseliny však stoupají ve svalovině ryb krmených kukuřicí, pšenicí i triticale. Uvedené skutečnosti jsou patrné z grafu 5.

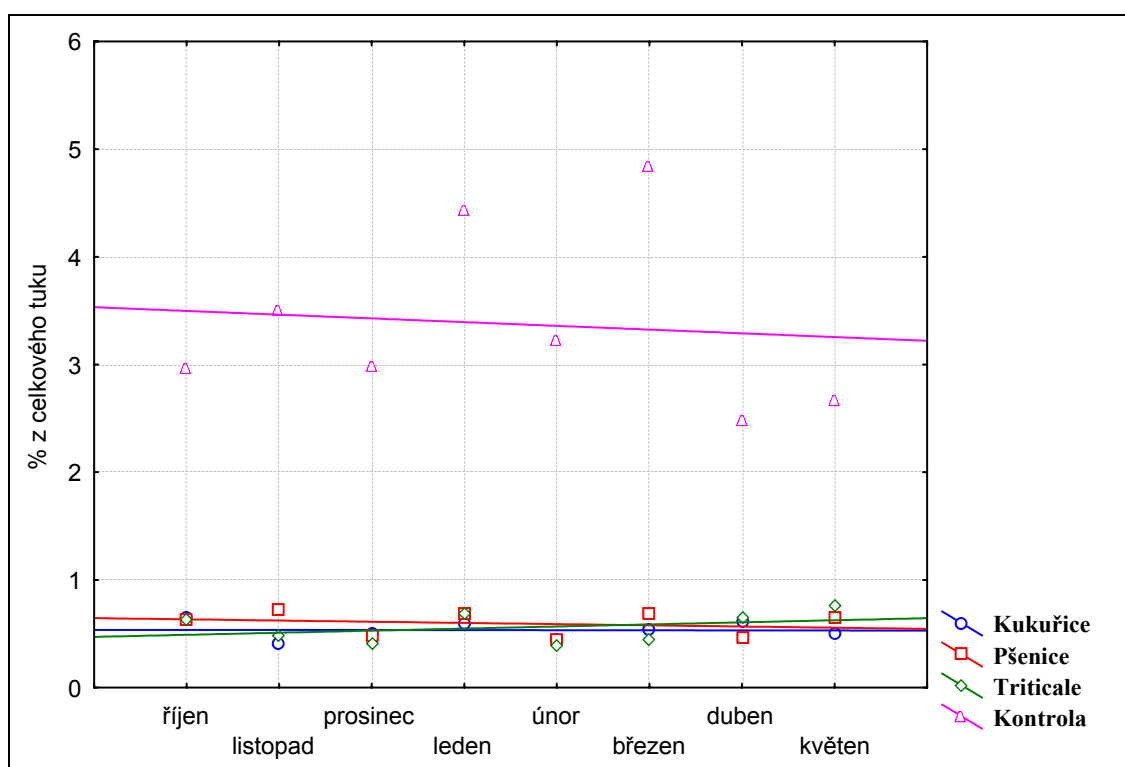
Graf 5. Obsah EPA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku)



Obsah DHA ve svalovině ryb

Průběh změn v hodnotách podílu DHA z celkového tuku ve svalovině ryb není zcela jednoznačný. U skupiny kontrolních ryb až do března hodnoty stoupají a v dubnu a květnu byly naměřené hodnoty již nižší. U ryb krmených pšenicí podíl DHA z celkového tuku nepatrně klesá, zatímco ve svalovině skupině ryb krmených triticales nepatrně stoupá. U skupiny ryb přikrmovaných kukuřicí byly zaznamenány nejmenší změny v obsahu této kyseliny. Hodnoty naměřené v rybách krmených obilovinami jsou si velmi podobné (viz graf 6, tab. 33-36 v příloze) – průměrně 0,54 u kukuřice; 0,60 u pšenice a 0,56 u triticales (v % z celkového tuku ve svalovině kapra). Největší rozpětí naměřených hodnot bylo zjištěno u skupiny ryb přikrmovaných triticales (viz graf 20).

Graf 6. Obsah DHA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku)



Diskuse

Nejvyšší hodnota obsahu celkového tuku byla zjištěna u kaprů přikrmovaných kukuřicí ($13,26 \pm 0,42$ %). Takto vysokou hodnotu obsahu tuku si vysvětlují tak, že ryba, která neměla dostatek přirozené potravy více preferovala obilovinu. Z výsledků vyplývá zvýšené množství MUFA u skupiny ryb přikrmovaných kukuřicí ($60,39$ %) z celkového tuku v mase ryb. Pokus je značně ovlivněn střevličkou východní, která je konkurent kapra v příjmu přirozené potravy. Tento jev se projevuje především u kontrolní skupiny v obsahu tuku ($1,76 \pm 0,07$ %) a obsahu MUFA kyselin po výlovu ($37,88$ %). Tyto ryby byly sádkovány po dobu 8 měsíců, zde se projevila absence zásobních tuků. V následujících výsledcích PUFA se jasně projevuje ztráta zásobních tuků. Z grafů zjistíme, že PUFA, n-3, n-6, EPA, DHA, mají klesající tendenci u kontrolní skupiny po celou dobu hladovění. Ryby, které nemají dostatek zásobních tuků, začnou odbourat také PUFA, n-3, n-6, EPA, DHA rychleji během hladovění než ryby, které mají zásobní tuky v nadbytku.

Nejvyšší hodnoty podílu polynenasycených mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině ryb byly naměřeny v extenzivně chovaných rybách (PUFA; $34,12 \pm 3,47$ %), n – 6 ($18,46 \pm 2,09$ %) a n – 3 PUFA ($13,77 \pm 1,59$ %). Ke stejnému závěru dospěli Steffens a Wirth (2005). Zjistili, že extenzivně chované ryby vykazují vyšší hodnoty podílu těchto kyselin než ryby přikrmované pšenicí.

V grafu 1-6 (příloha grafy 14-20) můžeme vidět, že u ryb krmených kukuřicí byly zaznamenány nejvyšší hodnoty podílu PUFA ($15,96 \pm 1,79$ %) a n-6 PUFA z celkového tuku ve svalovině ($11,52 \pm 1,4$ %) v porovnání s rybami přikrmovanými pšenicí ($14,09 \pm 1,31$ % a $8,57 \pm 0,79$ %) a triticalem ($13 \pm 1,1$ % a $7,85 \pm 0,69$ %). Avšak u ryb krmených kukuřicí byl naměřen nejnižší podíl n – 3 PUFA ($3,28 \pm 0,46$ %) z celkového tuku ve svalovině v porovnání s pšenicí ($4,32 \pm 0,53$ %) a triticalem ($3,99 \pm 0,47$ %). Zdá se, že hodnoty podílu PUFA z celkového tuku ve svalovině přikrmovaných ryb se pohybují ve velice širokém rozmezí. Bieniarz a kol. (2000) naměřil hodnoty $11,6 - 15,7$ % z celkového tuku, ale Geri a kol., (1995) udává $32,3 - 34,5$ %. Vácha a Tvrzická (1995) uvádějí hodnotu podílu PUFA $19,26$ % z celkového tuku. Jiní autoři zjistili hodnoty blízké 30 % (Kinsella aj., 1978; Kim a Lee, 1986), nejvyšší podíl PUFA ve svalovině ryb uvádí Sýkora a Valenta (1978) – $46,30$ %. Fajmonová (2003) změřila srovnatelné hodnoty PUFA, n – 6 a n – 3 PUFA ve svalovině ryb krmených pšenicí – $12,33$; $8,21$ a $4,12$ % z celkového tuku. Kinsella a kol. (1978), Kim a Lee (1986), Vácha a Tvrzická (1995), Sýkora a Valenta (1978), zjistili také srovnatelné hodnoty n – 6 PUFA, ale uvádějí výrazně vyšší hodnoty podílu n – 3 PUFA (viz tab. 9) z celkového tuku ve svalovině, než jaké byly zjištěny v této práci.

U nepříkrmovaných ryb podíl PUFA, n-6 a n-3 PUFA z celkového tuku ve svalovině během sledovaného období klesal. Oproti tomu hodnoty naměřené u ryb krmených obilovinami stoupají, pouze u ryb krmených pšenicí není tento posun tak výrazný. Takeuchi a kol. (1987) zjistil stejné změny u ryb krmených energeticky bohatými krmivy a následně ponechanými čtyři měsíce hladovění – došlo k poklesu bílkovin ve svalovině a viscerálního lipidu, zároveň však došlo k výraznému zvýšení podílu sledovaných kyselin z celkového tuku. Nejvyšší hodnoty poměru n-6/n-3 PUFA byly zaznamenány ve svalovině ryb krmených kukuřicí ($3,54 \pm 0,4 \%$), zatímco svalovina nepříkrmovaných ryb vykazuje nejnižší hodnoty ($1,35 \pm 0,11 \%$) tohoto poměru. Poměr n-6/n-3 PUFA u ryb krmených pšenicí, oproti tomu Vácha a Tvrzická (1995), Sýkora a Valenta (1978) uvádějí hodnoty tohoto poměru menší než jedna.

V případě sledovaných esenciálních mastných kyselin řady n-3, kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosaheptaenové (DHA), byly naměřené hodnoty podílu těchto kyselin z celkového tuku nejvyšší také u extenzivně chovaných ryb (EPA – $2,41 \pm 0,3 \%$, DHA – $3,38 \pm 0,79 \%$). Vysoký obsah EPA a DHA ve svalovině kaprů z přirozených vod v porovnání s podílem těchto mastných kyselin v masě ryb krmených glycidovými krmivy zaznamenali také Csengeri a kol. (1978), Farkas (1978), Watanabe (1981), Runge (1987), Csengeri (1996).

Z ryb příkrmovaných obilovinami byly nejvyšší hodnoty naměřeny u pšenice (EPA – $0,77 \pm 0,1 \%$, DHA – $0,6 \pm 0,11 \%$), u triticales EPA a DHA tvořily $0,7 \pm 0,1 \%$, DHA – $0,56 \pm 0,14 \%$ z celkového tuku ve svalovině ryb. Fajmonová (2003) naměřila ve svalovině ryb příkrmovaných pšenicí obsah EPA $1,05 \%$ a DHA $1,07 \%$ z celkového tuku. Vácha a Tvrzická (1995) zjistili $2,38 \%$ EPA a $2,48 \%$ DHA z celkového tuku. Srovnatelné hodnoty jsem zjistil ve svalovině nepříkrmovaných ryb, ale ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami jsem zjistil hodnoty výrazně nižší. Také Kinsella a kol. (1978), Kim a Lee (1986), Sýkora a Valenta (1978) uvádějí výrazně vyšší hodnoty podílu EPA a DHA z celkového tuku ve svalovině kapra (viz tab. 9).

Byla prokázána řada faktorů ovlivňujících kvalitativní a kvantitativní složení mastných kyselin v tuku kapra: teplota vody – Farkas a Csengeri (1976) i Takeuchi a Watanabe (1982), vliv ročního období – Kmínková a kol. (2001), vliv rozdílných zdrojů energie – Takeuchi a kol. (1978, 1987) a Csengeri (1996), vliv přijímané potravy Alhgreen a kol. (1996), Steffens a Wirth (2005). Následkem toho se naměřené hodnoty pohybují v širokém rozmezí.

Závěr

Na základě shromážděných údajů jsem posoudil vliv příkrmovaných obilovin na obsah mastných kyselin ve svalovině kapra obecného, linie třeboňský šupináč. Zjistil jsem, že svalovina ryb příkrmovaných obilovinami vykazuje nižší hodnoty podílu PUFA, n-6 a n-3 PUFA z celkového tuku a také vyšší hodnoty poměru n-6/n-3 PUFA z celkového tuku a také vyšší hodnoty poměru n-6/n-3 PUFA ($P < 0,05$) než svalovina ryb nepřikrmovaných (PUFA – $34,12 \pm 3,47$ %, n-6 PUFA – $18,46 \pm 2,09$ % a n-3 PUFA – $13 \pm 1,59$ %; n-6/n-3 PUFA – $1,35 \pm 0,11$ %). V případě sledovaných esenciálních mastných kyselin řady n-3, EPA a DHA byly naměřeny hodnoty podílu těchto kyselin z celkového tuku ve svalovině nejvyšší také u nepřikrmovaných ryb (EPA – $2,41 \pm 0,3$ %, DHA – $3,38 \pm 0,79$ %). Tato skutečnost je způsobena vysokým obsahem sledovaných kyselin v přirozené potravě. Výsledky zjištěné u nepřikrmovaných ryb měly v průběhu sádkování klesající tendenci naproti tomu ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami jsem zaznamenal mírné zvýšení PUFA, n-6 a n-3 PUFA, n-6/n-3 PUFA, EPA, DHA. Tyto výsledné hodnoty si vysvětluji takto – kontrolní skupina, to znamená nepřikrmovaná ryba, byla odkázána na přirozenou potravu, ve které jsme zjistily vysoký podíl řady n-3, což jsem zjistil rozborem svaloviny. Ryba během hladovění nejdříve začíná biochemickými pochody odbourávat zásobní tuky. Pokud žádné nemá jako první odbourává polynenasycené kyseliny, což je znázorněno ve výsledných grafech (1-6). Naopak skupiny ryb příkrmované obilovinou tento rapidní pokles PUFA nezaznamenaly. Svalovina ryb byla ovlivněna podílem zásobních lipidů. Tyto lipidy snížily obsah PUFA v celkovém tuku ryby.

Tento pokus byl také ovlivněn přítomností střevličky východní, která je potravní konkurent kapra (plankton). Tato malá ryba snížila celkový přírůstek, zvýšila krmný koeficient u kapra a ovlivnila skladbu přijímané potravy a následovně spektrum polynenasycených mastných kyselin v mase ryb.

Ve svalovině ryb krmných pšenicí a triticaem jsem zjistil prokazatelně ($P < 0,05$) nižší obsah n – 6 PUFA ($8,57 \pm 0,79$ %, respektive $7,85 \pm 0,69$ %) a nižší hodnoty poměru n – 6/n – 3 PUFA ($2 \pm 0,18$ % a $1,98 \pm 0,69$ %) než ve svalovině ryb krmných kukuřicí (n – 6 PUFA – $11,52 \pm 1,4$ %, n – 6/n – 3 PUFA – $3,54 \pm 0,14$ %). U ostatních sledovaných mastných kyselin jsem nezaznamenal statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) v podílu těchto kyselin celkového tuku ve svalovině ryb krmných jednotlivými obilovinami.

Nejvyšší hodnoty EPA a DHA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami byly naměřeny u ryb příkrmovaných pšenicí (EPA – $0,77 \pm 0,1$ %, DHA – $0,6 \pm 0,11$ %), u ryb při-

krmovaných triticaem EPA a DHA tvořily $0,7 \pm 0,1$ % a $0,56 \pm 0,14$ % z celkového tuku ve svalovině ryb. Nejnižší podíl EPA ($0,62 \pm 0,1$ %) a DHA ($0,54 \pm 0,08$ %) z celkového tuku ve svalovině kapra byl zjištěn u ryb krměných kukuřicí. Uvedené rozdíly však nebyly statisticky významné ($P < 0,05$).

Z hlediska podílu PUFA, n – 3 PUFA, EPA a DHA z celkového tuku jsem neprokázal významné rozdíly ($P < 0,05$) ve svalovině ryb krměných kukuřicí, pšenicí nebo triticaem. Ve svalovině ryb krměných pšenicí a triticaem jsem však zaznamenal nižší podíl n – 6 PUFA z celkového tuku a nižší hodnoty poměru n – 6/n – 3 PUFA než ve svalovině ryb přikrměných kukuřicí. V rozboru obilovin pšenice a triticaem byly zjištěny několika násobně vyšší hodnoty kyseliny α – linolenové (ALA, C18:3n3) a nižší hodnoty kyseliny olejové (OA, C18:1n:9) než v tuku kukuřice. Na základě skutečností zjištěných v této práci lze říci, že přikrmování kaprů pšenicí nebo triticaem nezapříčiňuje významné rozdíly tuku ($P < 0,05$) v podílu PUFA, n – 6 PUFA, n – 3 PUFA, EPA, DHA a v poměru z celkového tuku ve svalovině pokusných ryb. Oproti tomu svalovina kaprů přikrměných kukuřicí vykazuje průkazně vyšší ($P < 0,05$) hodnoty podílu n–6 PUFA z celkového tuku a vyšší hodnoty poměru n – 6/n – 3 PUFA v celkovém tuku.

Tab. 15. Obsah aminokyselin v mase kapra obecného

aminokyseliny g/kg	aminokyseliny v mase kapra při- krmovaného pšenící	aminokyseliny v mase kapra při- krmovaného kukuřicí	aminokyseliny v mase kapra při- krmovaného triticalem	aminokyseliny v mase kapra kontrola
gly	13,27±0,05*	11,66±0,33	11,87±0,16	15,12±0,20
ala	12,90±0,13	11,50±0,54	11,51±0,13	14,04±0,04
val	9,28±0,14	9,51±0,06	8,89±0,01	9,39±0,28
leu	15,78±0,23	12,45±0,35	14,53±0,04	15,26±0,14
ile	9,22±0,01	7,62±0,16	8,84±0,08	9,04±0,13
ser	7,02±0,01	5,32±0,02	6,27±0,02	6,90±0,07
thr	7,65±0,06	6,02±0,09	6,99±0,01	7,52±0,08
asp	19,32±0,08	16,78±0,04	18,80±0,01	21,01±0,40
glu	28,05±0,08	25,11±0,06	27,56±0,08	25,67±0,11
his	5,57±0,01	4,62±0,15	5,57±0,01	5,70±0,06
arg	12,92±0,06	11,47±0,24	11,73±0,23	14,91±0,05
lys	16,84±0,03	11,96±0,23	14,91±0,13	17,87±0,04
phe	7,16±0,01	6,17±0,08	6,83±0,19	7,04±0,04
tyr	4,47±0,04	3,10±0,03	3,81±0,08	4,58±0,08
met	5,17±0,03	4,70±0,24	5,07±0,08	5,94±0,01
pro	7,72±0,06	7,59±0,01	8,88±0,06	8,42±0,11

*průměr (g/kg) ± sm.odch.

Složení aminokyselin svaloviny kapra v závislosti na potravě se významně statisticky nemění. Mambrini a Kaushik (1995) zjistili, že zastoupení aminokyselin u různých druhů ryb se nemění, a že je neovlivňují faktory jako teplota vody, krmivo a velikost ryb. Covey a Tacon (1983) zjistili, že esenciální aminokyseliny předkládané v krmivu souvisí s aminokyselinami ve svalové tkáni.

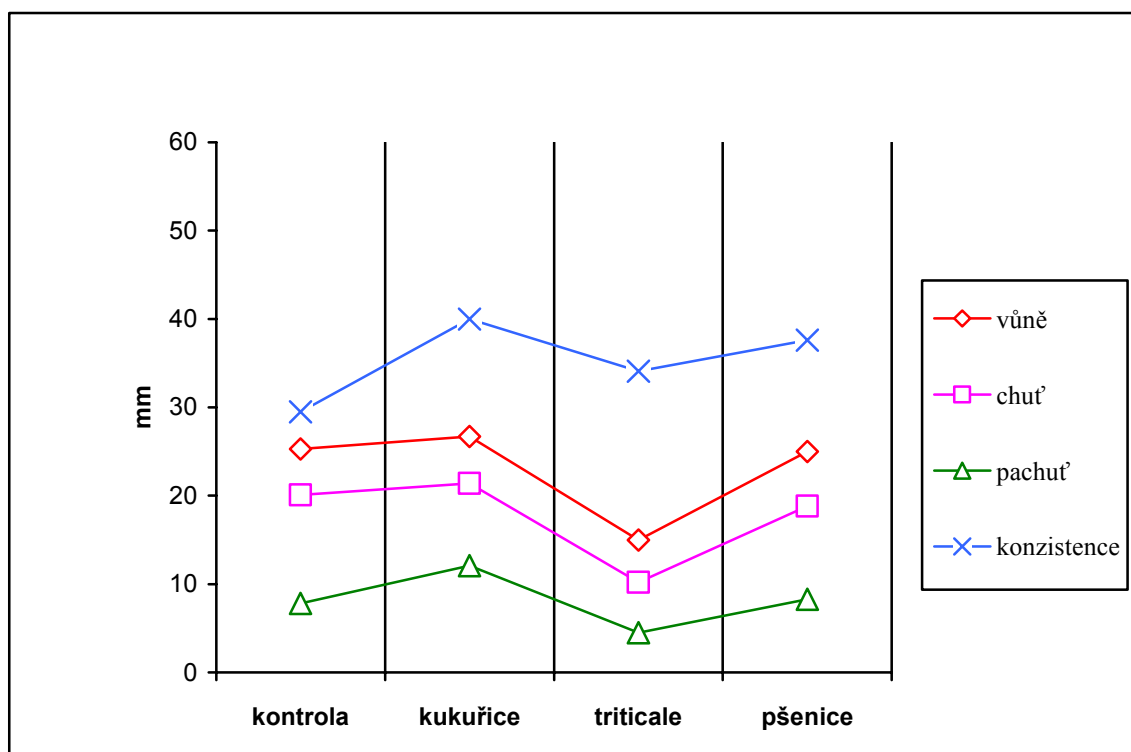
Vliv příkrmovaných obilovin na organoleptické vlastnosti masa kapra obecného

Tab. 16. Hodnocení sensorických vlastností před sádkováním

znak	kontrola	kukuřice	triticale	pšenice
vůně	25,3	26,7	15,0	25,0
chuť	20,1	21,4	10,2	18,8
pachuť	7,8	12,1	4,5	8,3
konzistence	29,5	40,0	34,1	37,6

(průměrné hodnoty parametrů v mm)

Graf 7. Sensorické vlastnosti masa kapra



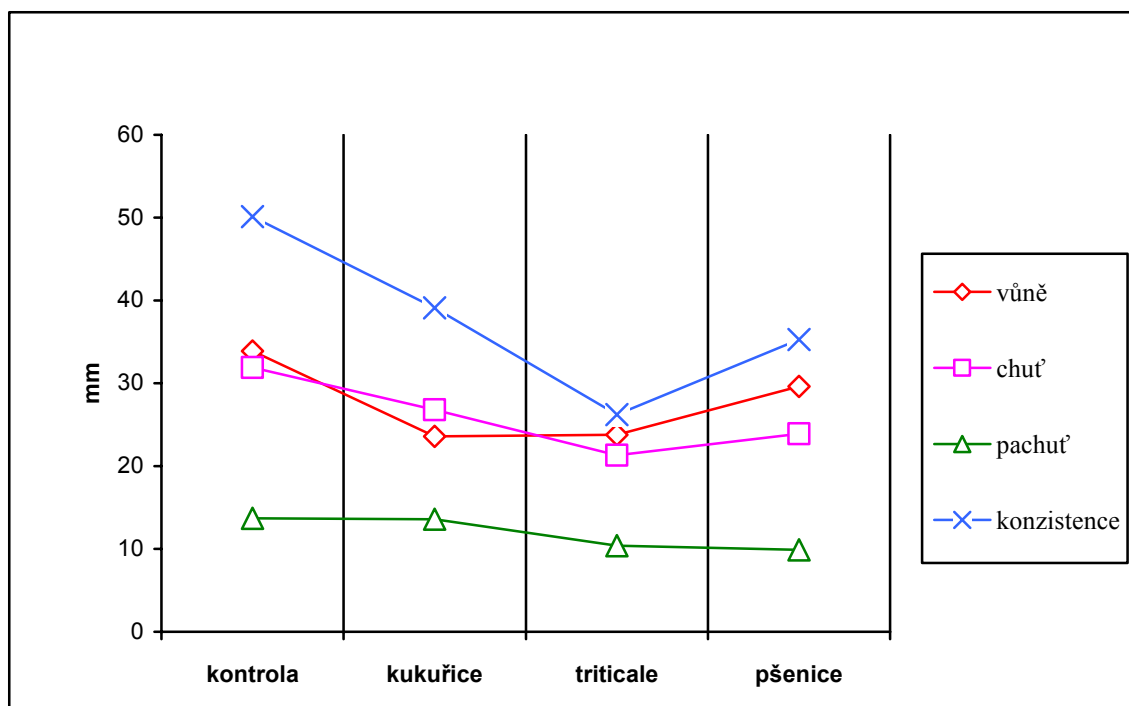
*nižší hodnota parametru odpovídá příznivějšímu hodnocení

Tab. 17. Hodnocení senzorických vlastností po sádkování 2004

znak	kontrola	kukuřice	triticale	pšenice
vůně	33,9	23,6	23,8	29,6
chuť	31,9	26,8	21,3	23,9
pachuč	13,7	13,6	10,4	9,9
konzistence	50,1	39,1	26,2	35,3

(průměrné hodnoty parametrů v mm)

Graf 8. Senzorické vlastnosti masa kapra



*nižší hodnota parametru odpovídá příznivějšímu hodnocení

Závěr

Smyslové vlastnosti rybího masa jsou zejména charakterizovány jeho barvou, vůní, chutí, texturou (jemnost, tuhost, křehkost, vláknitost) a přítomností svalových kůstek. V našem pokusu jsme se na tyto čtyři parametry (chuť, vůně, pachuč, konzistence) zaměřili a hodnotili jejich změnu vzhledem k různým doplňkovým zdrojům krmiva. V jednotných podmínkách sledování a vedení pokusu byl u třech pokusných skupin ryb hodnocen vliv příkrmu pšenice, triticale, kukuřice. Kontrolní skupina ryb byla odchována ve stejných podmínkách a zdrojem krmiva byla pouze přirozená potrava. Na začátku pokusu byla nejlépe hodnocena skupina kaprů kontroly a nejhůře maso kaprů krmených kukuřicí. Naopak v letním období na konci sádkování byla kontrolní skupina hodnocena jako nejhorší. Konzistence

masa ryb u kontrolní skupiny na podzim byla hodnocena jako nejlepší a na konci pokusu jako nejhorší. Naopak přikrmované ryby byly hodnoceny daleko příznivěji viz grafy 7, 8. Jedním z důvodů těchto výsledků je obsah tuku v mase.

Vyhodnocení organoleptických vlastností masa kapra prokázalo tendenci pozitivního vlivu přikrmování triticaelem na maso kapra obecného po výlovu i po dlouhodobém sádkování.

Výtěžnost sladkovodních ryb

Stanovení základních parametrů bylo provedeno podle metody uvedené v kapitole Materiál a metodika. Výsledky naměřených hodnot jsou uváděny v grafech a výtěžnost je v procentech. Souhrnná tabulka č. 50 je v příloze, kde jsou uvedeny všechny hodnoty sledovaných parametrů.

Tab.18. Hodnocení vybraných parametrů celkové výtěžnosti

pokusná skupina	období	celková h.	HJOT*	výtěžnost
pokusná skupina kukuřice	podzim	2221,4±305,7	1366,7±193,05	61,5±1,92
	léto	1781,07±19,1	1044,2±146,1	58,6±2,6
pokusná skupina pšenice	podzim	2220,5±8,3	1362,62±254,25	61,3±3,3
	léto	1654,4±205,4	973,33±130,9	58,8±3,3
pokusná skupina triticale	podzim	1894,83±62,6	1151±269,2	60,4±4,06
	léto	1550,62±23,4	915±153,11	58,9±3,34
kontrolní skupina	podzim	1382,2±199,5	818,33±121,82	59,2±1,77
	léto	1073,6±144,6	603,73±95,78	56,14±2,9

průměr ± sm. odch.

HJOT – hmotnost jatečně opracovaného trupu

Tab. 19. Hodnocení výtěžnosti v procentech

pokusná skupina	období	celková h.	HJOT	h. hlava	h. vnitřnosti
pokusná skupina kukuřice	podzim	100	61,52	15,57	14,61
	léto	100	58,63	19,71	13,06
pokusná skupina pšenice	podzim	100	61,28	17,21	13,79
	léto	100	58,83	19,06	14,20
pokusná skupina triticale	podzim	100	60,75	16,98	14,15
	léto	100	59,01	20,41	12,46
kontrolní skupina	podzim	100	59,20	20,67	12,16
	léto	100	56,23	23,75	10,18

Tab. 20. Rozdíl výtěžnosti stanovené na začátku a konci pokusu

		celková h.	HJOT	h. vnitřností	výtěžnost
pokusná skupina kukuřice	g	440,4	322,53	91,8	X
	%	19,82	23,6	28,29	4,72
pokusná skupina pšenice	g	569,07	389,29	71,76	X
	%	25,59	28,57	23,4	4,08
pokusná skupina triticale	g	344,13	236	74,93	X
	%	18,16	20,5	27,95	2,48
kontrolní skupina	g	308,65	214,6	58,75	X
	%	22,33	26,22	34,95	5,17

Závěr

Nejvyšší celkové hmotnosti v podzimním období dosáhla skupina příkrmovaná kukuřicí (2221,47 ± 305,7 g) s celkovou výtěžností 61,5 ± 1,92 %.

Celkové hodnocení výtěžnosti ryb a jednotlivých měřených parametrů nám ukazují rozdíly na začátku a na konci období sádkování vzhledem k období, přijímané potravě a pohlaví.

Z výsledků vyplývá, že čím větší bude celková hmotnost u všech pokusných skupin a kontroly bude větší hmotnost jatečně opracovaného těla ($P < 0,05$), hmotnost hlavy a hmotnost vnitřností ($P < 0,05$). Ze statistického hodnocení hmotnosti hlavy a vnitřností vyplývá, že čím je větší hmotnost hlavy a vnitřností, tím je nižší hmotnost (HJOT) k celkové hmotnosti. Z výsledků vyplývá, pokud ryby vylehčí (ztráta hmotnosti), tak se zvětší procentický podíl hlavy vzhledem k celkové hmotnosti.

Byla porovnána výtěžnost vzhledem ke sledovanému období (podzim, léto) se statisticky průkazným výsledkem ($P < 0,05$). Podzimní výtěžnost ryb byla vyšší než v létě u všech hodnocených skupin.

Na celkovou hmotnost u námi sledovaných ryb mělo průkazný vliv období, pohlaví a samozřejmě krmení s vysoce průkazným výsledkem ($P < 0,05$). Vliv příkrmovaných obilovin se prokázal u všech skupin jak v podzimním tak letním období. Celková hmotnost během sádkování (hladovění) ryb výrazně klesla viz. tab. č. (20) v rozdílu výtěžnosti.

Jedním z dalších hodnocení byla hmotnost hlavy. Je zajímavé, že období, pohlaví, ale i předkládané krmivo mělo průkazný vliv na hmotnost hlavy. Tento výsledek je potvrzen i mezi pokusnými skupinami. Statisticky hodnocena byla také hmotnost vnitřností, které samozřejmě snižovala svoji hmotnost během hladovění s průkazným rozdílem vzhledem k období, pohlaví a vliv měla i potrava. Období, potrava, pohlaví ve vzájemné interakci zcela

průkazně ovlivňují hmotnost vnitřností ($P < 0,05$). Tato průkaznost ($P < 0,05$) byla prokázána pouze u hodnocení hmotnosti vnitřností.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen interním grantem Zemědělské fakulty – IG 23/04 Vliv vybraných krmných obilovin na jakost rybího masa.

4.2 Pokus II

Spektrum mastných kyselin v mase kapra obecného

Uvedená problematika byla sledována 2004 na Humlenských rybnících středisko Mokřiny (Chlum u Třeboně). Vstupním materiálem byly vyrovnané skupiny kaprů kategorie K₂, výstupním materiálem tržní kapr K₃. Soustava Humlenských rybníků se skládá ze 6 rybníků seřazených 3 a 3 vedle sebe. V 5-ti rybnících bylo použito k příkrmování obilovinami, (kukuřice, pšenice, triticales, žito a ječmen) a jeden byl ponechán bez příkrmování (kontrola). Výlov ryb byl na podzim v měsíci říjnu. Pokus trval 260 dní. Celkem bylo odebráno 90 kusů ryb – z každé skupiny po 15 kusech.

V roce 2004 bylo na Humlenských rybnících I-V zkrmeno celkem 10 200 kg obilovin (kukuřice, pšenice, triticales, žito, ječmen). Celkový přírůstek za období od nasazení do výlovu činil 6 285 kg. Průměrná hmotnost ryb při výlovu na konci vegetačního období činila 2,25 kg (viz tab. 21.).

Tab. 21. Výsledky krmných pokusů střediska Chlum u Třeboně v roce 2004

rybník	krmivo	výlov 2004			přírůstek 2004			RKK*
		kg	ks	kg/1ks	Celkem kg	kg/1ks	g/kg/den	
Humlena I	kukuřice	228	483	2,12	351	1,54	7,61	1,99
Humlena II	pšenice	746	1738	2,33	1334	1,79	8,91	1,80
Humlena III	triticales	848	1747	2,06	1266	1,19	7,41	1,90
Humlena IV	kontrola	398	820	2,06	615	1,54	7,66	0,00
Humlena V	žito	643	1575	2,45	1244	1,93	9,60	1,85
Humlena VI	ječmen	764	1803	2,36	1417	1,85	9,20	1,69
Celkem					6285			

* RKK = relativní krmný koeficient

Tab. 22. Stanovení obsahu základních živin v rybím mase po výlovu na podzim roku 2004.

rybník	krmivo	původní sušina	dusíkaté látky % ve 100 g původní rybí svaloviny	tuk % ve 100 g původní rybí svaloviny
rybník I	kukuřice	21,46±0,51*	12,80±0,24	6,04±0,18
rybník II	pšenice	18,64±0,24	12,12±0,21	4,79±0,23
rybník III	triticale	23,86±0,47	12,65±0,58	9,05±0,14
rybník IV	kontrola	26,39±0,32	16,07±0,47	7,68±0,32
rybník V	žito	17,61±0,26	11,06±0,53	4,62±0,18
rybník VI	ječmen	32,44±0,24	19,51±0,46	9,56±0,26

*průměr(%)±sm.odch

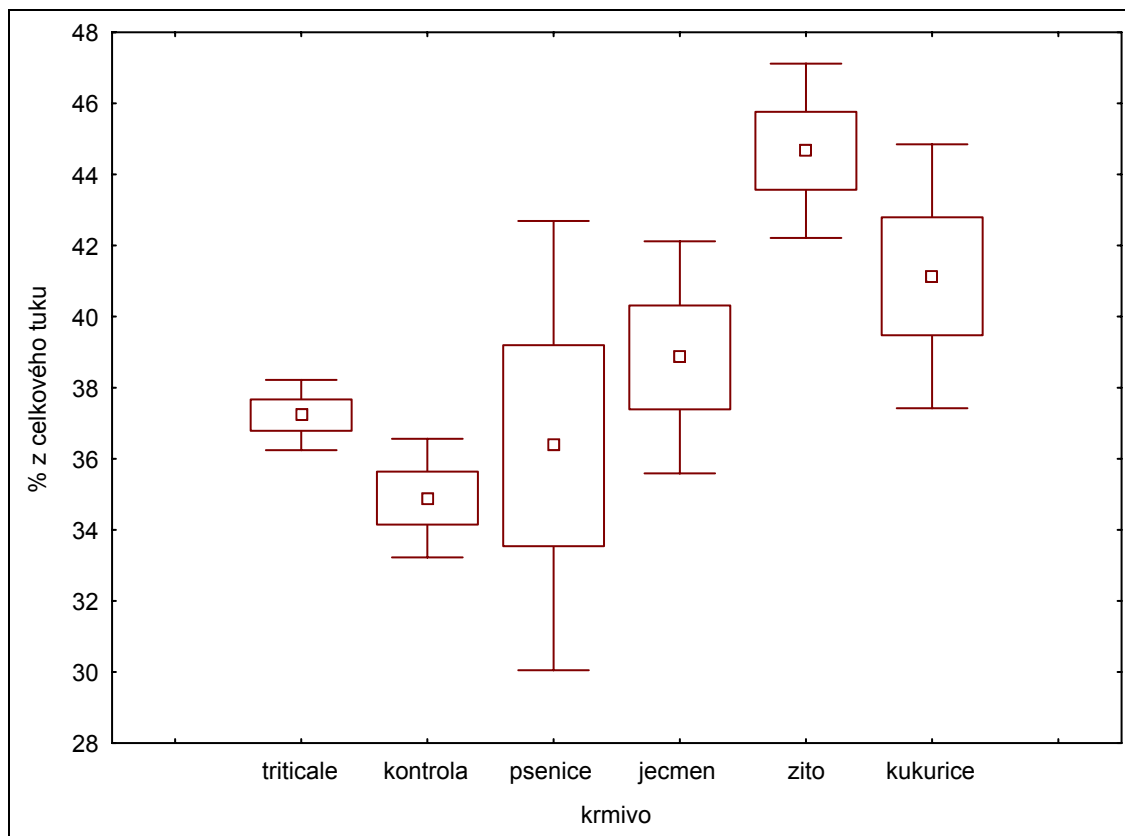
Tab. 23. Zastoupení vybraných mastných kyselin v mase ryb

	rybník I kukuřice	rybník II pšenice	rybník III triticale	rybník IV kontrola	rybník V žito	rybník VI ječmen
C14:0	1,36±0,23*	1,62±0,31	1,72±0,38	1,57±0,12	1,43±0,10	1,46±0,09
C16:0	18,73±1,75	19,56±1,28	19,77±1,40	17,52±1,12	19,00±0,78	19,60±1,40
C17:1	0,45±0,07	0,54±0,19	0,39±0,07	0,71±0,08	0,38±0,11	0,43±0,10
C18:0	4,72±0,49	4,31±0,33	4,38±0,63	3,99±0,43	4,69±0,19	4,95±0,52
C18:1	41,13±3,71	36,36±2,32	37,22±0,99	34,89±1,67	44,67±2,45	38,85±3,26
C18:2n6	8,70±0,46	6,51±1,36	6,89±0,53	5,21±0,86	4,72±0,58	5,97±0,60
C18:3n6	0,23±0,02	0,21±0,07	0,24±0,03	0,20±0,03	0,18±0,05	0,21±0,03
C18:3n3	4,53±0,55	5,51±1,91	4,90±0,59	7,83±0,91	3,49±1,03	4,96±1,07
C18:4n3	1,07±0,17	1,68±0,66	1,10±0,19	2,22±0,35	0,58±0,15	1,35±0,42
C20:1n9	2,14±0,40	2,09±0,24	2,32±0,50	2,21±0,50	2,34±0,18	2,53±0,50
C20:3n6	0,23±0,03	0,20±0,05	0,23±0,03	0,22±0,02	0,19±0,02	0,22±0,02
C20:4n6	0,80±0,06	0,96±0,19	1,16±0,24	1,13±0,09	0,79±0,17	0,90±0,17
C20:3n3	0,22±0,01	0,29±0,05	0,29±0,08	0,39±0,07	0,19±0,05	0,28±0,05
C20:4n3	0,43±0,03	0,63±0,21	0,51±0,13	1,01±0,14	0,29±0,08	0,61±0,18
C20:5n3	1,61±0,21	2,78±0,62	2,23±0,49	3,00±0,37	1,59±0,33	2,31±0,47
C21:5n3	0,09±0,01	0,15±0,05	0,17±0,03	0,16±0,02	0,10±0,02	0,14±0,03
C22:5n3	0,45±0,06	0,79±0,12	0,62±0,15	0,96±0,14	0,42±0,08	0,75±0,28
C22:6n3	0,54±0,10	0,74±0,10	0,84±0,21	0,91±0,13	0,49±0,08	0,86±0,29
ΣSFA	24,8±0,82	25,49±0,64	25,88±0,80	23,09±0,56	25,12±0,65	26,01±0,67
ΣMUFA	43,72±1,39	39,01±2,25	39,94±0,52	37,8±0,75	47,39±1,23	41,81±1,29
ΣPUFA	18,9±0,14	20,5±0,45	19,19±0,23	23,25±0,26	13,03±0,33	18,54±0,30
Σn3	8,94±0,14	12,6±0,47	10,66±0,23	16,48±0,27	7,15±0,38	11,24±0,35
Σn6	9,95±0,14	7,89±0,42	8,53±0,21	6,77±0,25	5,88±0,21	7,29±0,20
poměr n3:n6 (n6=1)	0,899:1	1,59:1	1,25:1	2,44:1	1,215:1	1,541:1

*průměr(%)±sm.odch

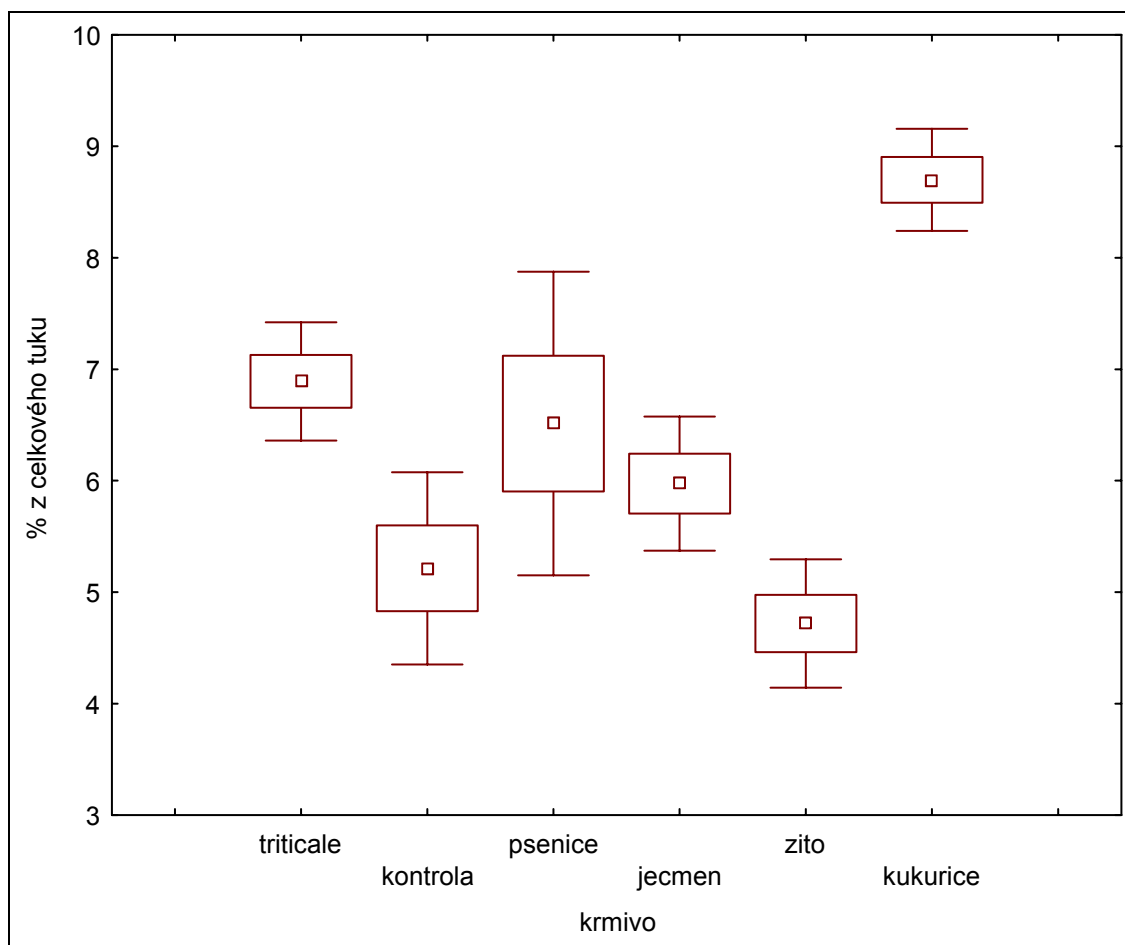
Vyhodnocení vybraných mastných kyselin

Graf 9. Zastoupení kyseliny olejové C18:1 n-9 v mase kapra obecného



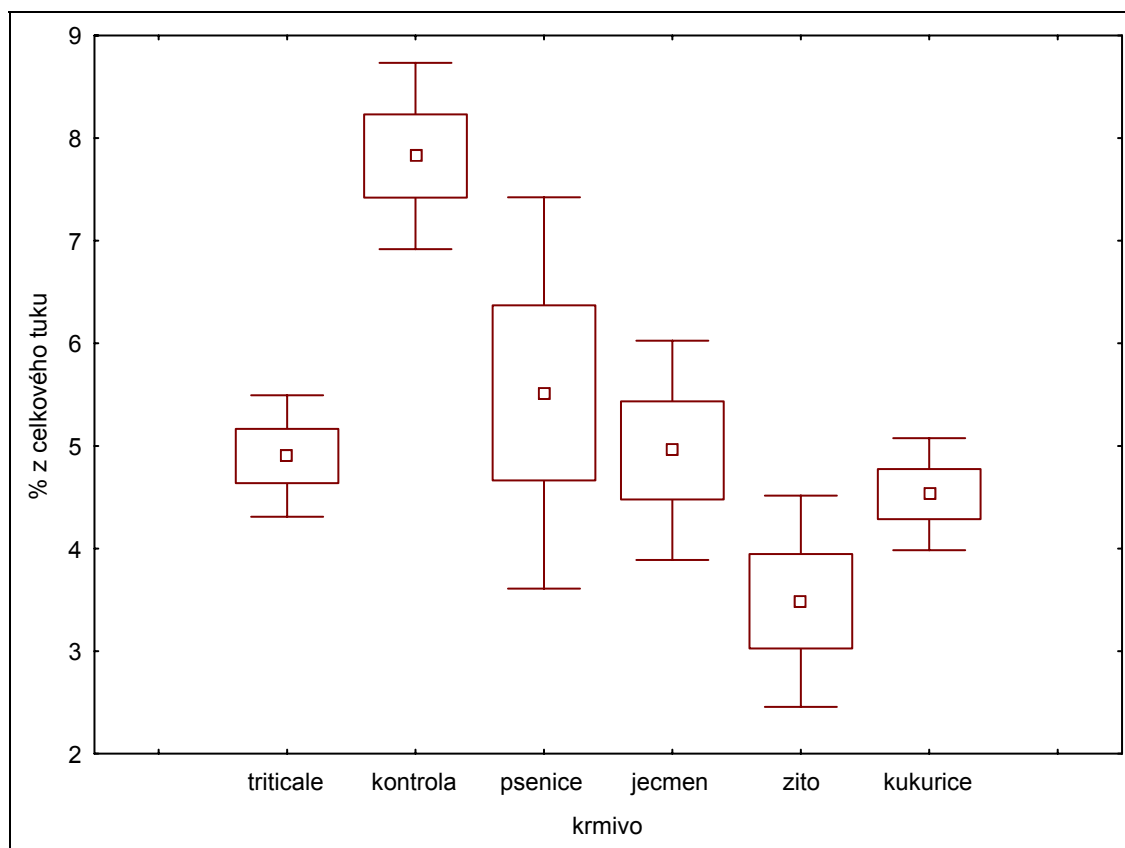
Ze statistického hodnocení kyseliny olejové vyplývá, že ryby přikrmované žitem ($44,67 \pm 2,45$ %) mají průkazně vyšší ($P < 0,05$) hodnoty C18:1n:9, než skupiny ryb přikrmované tritcalem ($37,22 \pm 0,99$ %), pšenicí ($36,36 \pm 2,32$ %) a nepřikrmované ryby ($34,89 \pm 1,67$ %). Skupiny ryb, které byly přikrmovány ječmenem a kukuřicí nejsou statisticky rozdílné ($P < 0,05$).

Graf 10. Zastoupení kyseliny linolové C18:2 n-6 v masě kapra obecného



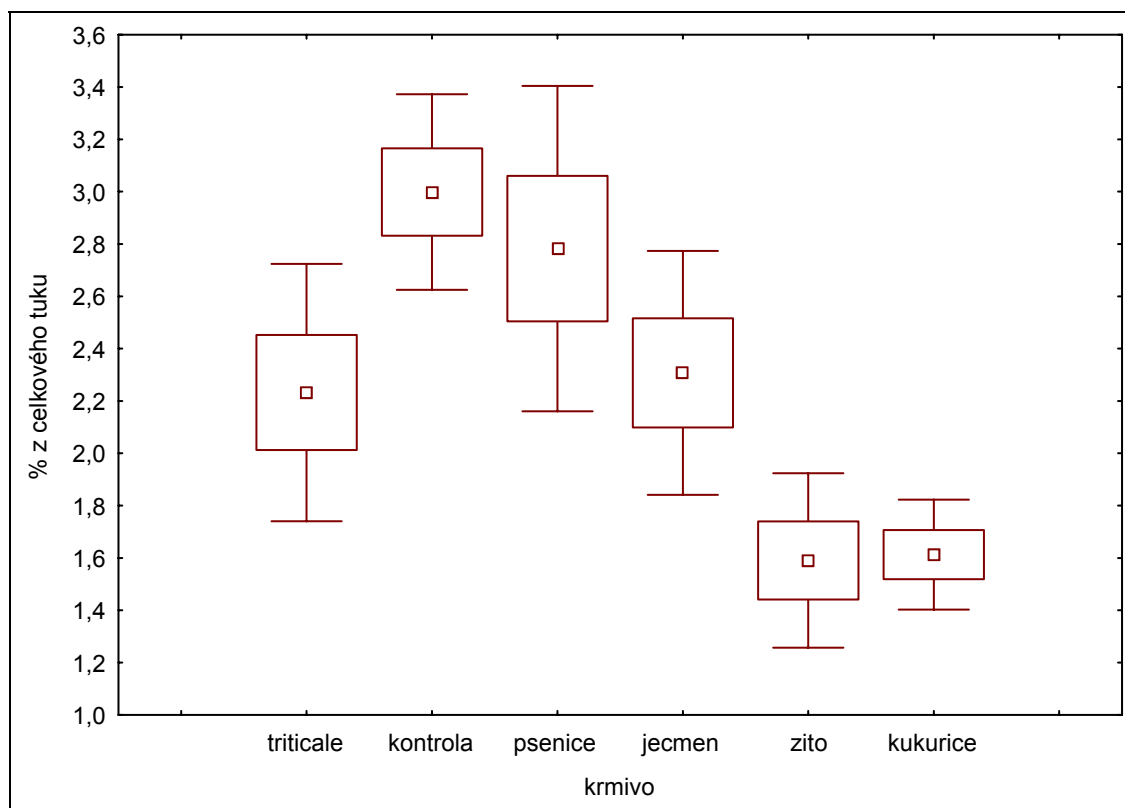
Zastoupení kyseliny linolové v masě kapra se průkazně liší ($P < 0,05$) u ryb příkrmovaných tritikalem ($6,89 \pm 0,53$ %) od ryb příkrmovaných žitem ($4,72 \pm 0,58$ %), kukuřicí ($8,70 \pm 0,46$ %) a kontrolní skupiny ryb ($5,21 \pm 0,86$ %). Skupina ryb příkrmovaných pšenicí ($6,51 \pm 1,36$ %) se statisticky liší od skupiny ryb příkrmovaných žitem ($4,72 \pm 0,58$ %) a kukuřicí ($8,70 \pm 0,46$ %). Obsah kyseliny linolové stanovené v masě ryb příkrmovaných ječmenem ($5,97 \pm 0,60$ %) se průkazně liší ($P < 0,05$) od skupiny ryb příkrmovaných pouze kukuřicí ($8,70 \pm 0,46$ %). Kyselina linolová v masě ryb kontrolní skupiny se průkazně liší ($P < 0,05$) od ryb krmených tritikalem ($6,89 \pm 0,53$ %) a ryb krmených kukuřicí ($8,70 \pm 0,46$ %). Stanovovaná kyselina linolová se v masě ryb krmených žitem výrazně liší ($P < 0,05$) od ryb krmených tritikalem ($6,89 \pm 0,53$ %), pšenicí ($6,51 \pm 1,36$ %) a ryb příkrmovaných kukuřicí.

Graf 11. Zastoupení kyseliny α – linolenové C18:3 n-3 v mase kapra obecného



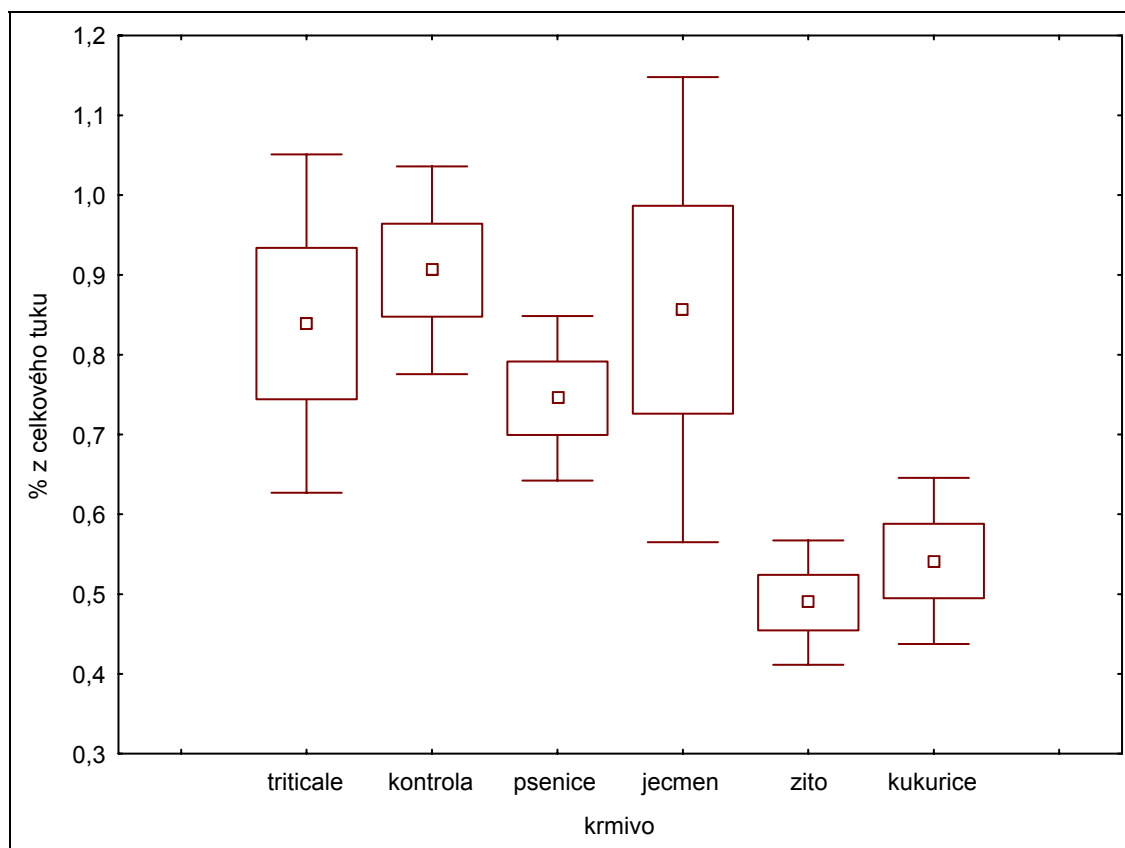
Hodnoty kyseliny α – linolenové u kontrolní skupiny ryb ($7,83 \pm 0,91$ %) byly průkazně nejvyšší ($P < 0,05$) a liší se od všech skupin příkrmovaných obilovinou.

Graf 12. Zastoupení kyseliny eikosapentaenové C20:5 n-3 v mase kapra obecného



Zastoupení kyseliny eikosapentaenové v mase u skupiny ryb příkrmovaných pšenicí ($2,78 \pm 0,62$ %) se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$) od skupiny ryb příkrmovaných žitem ($1,59 \pm 0,33$ %) a kukuřicí ($1,61 \pm 0,21$ %). Skupina ryb příkrmovaná žitem se statisticky průkazně se liší od kontrolní skupiny ryb a ryb příkrmovaných pšenicí. Hodnota kyseliny eikosapentaenové u kontrolní skupiny ryb se statisticky průkazně liší od hodnoty s nižším množstvím eikosapentaenové kyseliny u skupin ryb příkrmovaných žitem ($1,59 \pm 0,33$ %) a skupin ryb příkrmovaných kukuřicí ($1,61 \pm 0,21$ %).

Graf 13. Zastoupení dokosahexaenové kyseliny C22:6 n-3 v mase kapra obecného



Zjištěné hodnoty dokosahexaenové kyseliny u ryb přikrmovaných tritikalem ($0,84 \pm 0,21$ %), ječmenem ($0,86 \pm 0,29$ %) a u kontrolní skupině ryb ($0,91 \pm 0,13$ %) se statisticky průkazně liší ($P < 0,05$) od ryb přikrmovaných žitem ($0,49 \pm 0,08$ %). Skupina ryb přikrmovaných kukuřicí ($0,54 \pm 0,10$ %) se průkazně ($P < 0,05$) liší od zjištěné hodnoty kontrolní skupiny ($0,91 \pm 0,13$ %).

Výsledky a Diskuse

U sušiny jsme největší hodnoty zjistili u kaprů přikrmovaných ječmenem ($32,44 \pm 0,24$ %).

Kontrolní skupina dosáhla druhé největší hodnoty sušiny $26,39 \pm 0,32$ %. Podobná čísla u sušiny ($27,61$ %) extenzivně chovaných ryb zjistila Buchtová (2001). Průměrné hodnoty u sušiny byly naměřeny u ryb krmených tritikalem ($23,86 \pm 0,47$ %) a kukuřicí ($21,46 \pm 0,51$ %). Stejně výsledky sušiny v mase ($23,0$ %) zaznamenali Vácha (1996) a Ingr (1994). Nejnižší obsah sušiny jsme zaznamenali u ryb přikrmovaných žitem

($17,61 \pm 0,26$ %) a pšenici ($18,64 \pm 0,24$ %). Ještě menší hodnoty obsahu sušiny ($13,5$ %) v rybím mase zjistil Strmiska (1987).

Obsah tuku

Vzhledem k růstu kapra obsah tuku v těle a svalových partiích stoupá a je spojen s poklesem obsahu vody. To je u živých organismů v přímé návaznosti na zvyšující se možnosti tvorby tukových depozit obecným pravidlem.

Procentuální obsah tuku ve 100% původní sušiny byl největší u ryb krmených ječmenem ($9,56 \pm 0,26$ %) . Také Buchtová (2001) publikovala stejné hodnoty obsahu tuku ve filetu ($9,2$ %). V našem pokusu jsem dosáhl těchto hodnot u pokusných kaprů příkrmovaných kukuřicí ($6,04 \pm 0,18$ %), pšenicí ($4,79 \pm 0,23$ %) a žitem ($4,62 \pm 0,18$ %). Obsah tuku u kontrolní skupiny ryb byl $7,68 \pm 0,32$ %. Obdobné výsledky z pokusu byly stanoveny také Váchou (1996) a Štundlovou (1995).

Složení mastných kyselin v tuku kapra obecného

Podíl nasycených mastných kyselin v mase vychází ze zastoupení mastných kyselin v příkrmovaném obilí přirozené potravě. Rozdíl obsahu SFA v mase ryb nebyl průkazně ($P < 0,05$) dokázán. Skupiny, které byly příkrmovány obilovinou, se průkazně nelišily mezi sebou a kontrolní skupinou. Procentický podíl MUFA v mase kontrolní skupiny ($37,8 \pm 0,75$ %) byl nižší ve srovnání se všemi skupinami, které byly krmeny obilovinou. Ryby příkrmované žitem ($47,39 \pm 1,23$ %), kukuřicí ($41,81 \pm 1,29$ %) měly průkazně ($P < 0,05$) více MUFA v rybím mase než kontrola. Násadový materiál odchovávaný na tržního kapra chovaný pouze v kontrolních podmínkách zvyšuje podíl řady PUFA ($23,25 \pm 0,26$ %), řady n – 3 PUFA ($16,48 \pm 0,27$ %) a průkazně ($P < 0,05$) se zvyšuje poměr n3/n6 PUFA ($2,44$ %). Ryby které jsou příkrmované obilovinou žitem ($47,39 \pm 1,23$ %) mají vysoký podíl MUFA a podíl PUFA klesá ($P < 0,05$), a poměr n-3/n-6 PUFA ($1,215$) se prokazatelně snižuje. Také Geri a kol. (1995) pozoroval pokles obsahu PUFA a zvýšení hladiny MUFA se zvyšováním hmotnosti u ryb. Ryby, které přijímaly více obilovinu (pšenici, žito, triticales, ječmen, kukuřici), pravděpodobně ukládají ve svalovině větší množství MUFA, především kyseliny olejové. Kyselina olejová je vytvářena desaturací nasycených mastných kyselin syntetizovaných z potravy bohaté na škrob. Tyto obiloviny bohaté na škrob obsahují velice málo kyselin PUFA linolové a α – linolenové; zvyšuje se tak podíl MUFA a snižuje obsah PUFA (Henderson, 1996).

Závěr

U tržních kaprů linie třeboňský šupináč stejného věku, jejichž živá hmotnost se při podzimním výlovu pohybovala v rozmezí 2,06 až 2,45 kg, byl zaznamenán průkazný vliv na zastoupení mastných kyselin ve svalovině. Rybí svalovina kontrolní skupiny ryb prokazatelně obsahovala vyšší zastoupení PUFA kyselin v mase.

Pokus s kontrolní skupinou jasně ukazuje významnost přirozené potravy ve výživě vzhledem k obsahu n – 3 PUFA kyselinám. U ryb přikrmovaných obilovinami průkazně stoupá obsah MUFA a prokazatelně klesá podíl PUFA ve svalovině ryb. Zastoupení mastných kyselin zcela zřetelně ukazuje tendenci zvyšování MUFA u ryb s větší hmotností a přikrmováním jednotlivých obilovin, ale snižuje poměr n–3/n–6 vhodný pro spotřebitele.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen grantem FRVŠ 1933/2005: Vliv vybraných krmných obilovin na kvalitativní vlastnosti masa kapra.

4.3 Pokus III

Profile of polyunsaturated fatty acids in three different parts of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fillet

F. VACHA¹, P. VEJSADA^{1*}, J. SPICKA², T. PELIKANNOVA², P. HARTVICH¹,

1) Department of Fisheries and Wild Management, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Czech Republic

2) Department of Applied Chemistry, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Czech Republic

Kapitola pokus III byla zpracována v anglickém jazyce a byla jako článek odeslána do recenzovaného časopisu FISH PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY .

Abstract

This paper identifies the profile of polyunsaturated fatty acids (particularly n-3, EPA and DHA) in three different parts of common carp fillets.

A group of fish in ponds under semi-intensive management was given a supplementary cereal diet (maize) and fillets from the experimental group were compared to the control group of fish, grown on natural food only.

The n-3 fatty acids from neutral lipids were significantly most represented in muscle from the ventral part of the fillet of common carp reared on natural food only compared to that of fish fed with a supplementary diet of maize (22.26 ± 0.35 % and 7.95 ± 0.98 %, respectively). Considering the distribution of these fatty acids in other parts of the fillet, there was found to be a significant difference in their content both in the dorsal and caudal parts between the fish fed with a supplementary diet of maize and the control fish (both at $p < 0.001$). The difference was in the content of the fatty acids studied compared to the source of fish nutrition ($p < 0.001$).

The EPA content in dorsal part of the fillet of fish fed with natural food was 3.17 ± 1.95 %, DHA content was 0.88 ± 0.13 % and in the caudal part of the fillet the EPA content was 2.92 ± 0.26 % and DHA content was 0.77 ± 0.18 %. In fish fed with a supplementary diet of maize, the EPA content in the dorsal part of the fillet was 1.43 ± 0.21 % and the DHA content was 0.60 ± 0.13 %. In the caudal part of this fillet, the EPA content was 1.47 ± 0.14 % and that of DHA was 0.59 ± 0.20 %.

Supplementary feeding with maize increased the content of oleic acid and, in parallel, decreased the content of α -linolenic acid in the structure of neutral lipids of the fillet muscle ($p < 0.001$).

Key words: carp, supplemental feeding, fillet, PUFA, EPA, DHA, n-3, cereals

The common carp (*Cyprinus carpio* L.) is the major freshwater fish species farmed in Central Europe and, particularly, in the Czech Republic, where most of the total aquaculture output is produced under semi-intensive or extensive pond conditions. For a long time, carp have made up about 85% of the annual freshwater fish production of the country. This position is similar for common carp production in several other European countries such as Hungary, Slovakia, Poland, Slovenia and Romania.

Fish lipids have been intensively investigated and studied since their protective effects on cardiovascular diseases was proven. Fish fat is rich in long chain polyunsaturated fatty acids, namely eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) acids, which reduce some risk factors associated with arteriosclerosis (Calder, 2004) and this protection is appreciated in human nutrition.

The aim of fish farmers is to produce fish with a more favourable fatty acid composition and to rear them under natural conditions with natural food. However, this approach results in lower weight gain of fish, because the amount of natural food is limited so, for economically efficient production, supplementary feeding with cereals is applied.

Dietary lipids also play an important role in fish nutrition as a source of energy and essential fatty acids (EFA) to maintain biological structure and normal function of cell membranes (Sargent *et al.* 1999). The composition of lipids also plays an important role in fish diets. (Watanabe *et al.* 1979, Jonsen *et al.* 1993, Peres, Oliva-Teles 1999). Zelenka *et al.* (2003) suggest the use of linseed oil as a feed ingredient for fish diet. Linseed oil contains a high level of n-3 PUFA and has favourable ratio of n-3/n-6.

The common carp naturally consumes plant material containing easily digestible sugars, as well as a complex of polysaccharides such as cellulose, chitin, and lignin. The fish cannot easily digest these nutrients without the assistance of specific gut flora (Watanabe, 1982). According to Wirth and Steffens (1996), common carp reared in ponds with natural food as the only dietary source had a higher content of PUFA's in muscular triacylglycerols than when fed with a supplementary diet of wheat. The ratio of n-3/n-6 was the same in both groups. Supplementary cereal feeding also led to a high level of oleic acid. The same effects were observed by Farkas *et al.* (1978), Csengeri *et al.* (1978), Watanabe *et al.* (1981, Fajmonova *et al.* (2003) and Buchtova *et al.* (2007).

Vacha *et al.* (2007) investigated the influence of different supplementary cereal feeding and the exclusive feeding of natural food on the content of fatty acids in the muscle of common carp reared in ponds. Those groups of carp fed with a supplementary diet of cereal had higher weight gain and fat content in comparison to the group reared on natural food alone. Those groups without supplementary feeding had a significantly higher amount of PUFA (47 % higher) and n-3 PUFA (30.4 % higher) in their total neutral lipids

Regarding the fat content of the human diet, besides its amount, its qualitative properties are also very important to influence the quality of the food product. Alternative protein and fat sources raise an ever increasing interest in aquaculture (Bell, 1998; Jobling, 1998). The fatty acid composition of fish is markedly influenced by the lipid pattern of their natural food (Farkas 1970, Henderson and Tochter 1987, Sargent *et al.* 2002). Kiessling *et al.* (2001) described a tendency of varying fat content in different parts of fish fillets among fish of different age and size. The development of new value added products for human nutrition will require more complex knowledge.

Experimental fish and aquaculture facilities

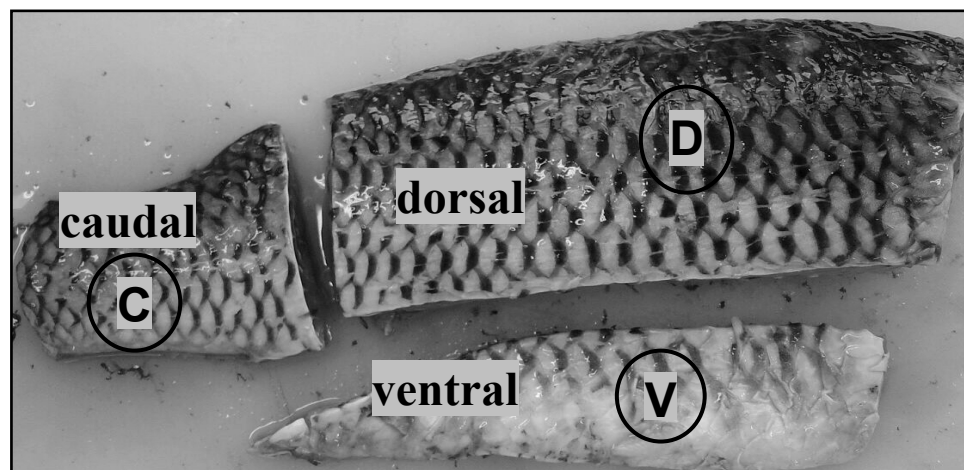
Fish were reared under a semi-intensive production system in man-made earth ponds of the Fishery of Trebon Ltd., Czech Republic. All the fish used for the experiment were of the same genetic origin and age. They were stocked into the ponds on April 1, 2006. Their live weight at the beginning of experiment was 0.55 ± 0.10 kg. Maize was chosen as the cereal for supplemental feeding because of its demonstrable effect on production and composition of fat. The fish were harvested on October 17, 2006 resulting in an experiment lasting for 200 days. From the commercial criteria, fish weight and the final weight gain were evaluated.

The control group of fish consisted of specimens of the same origin and age as in the experimental group reared at the same locality under comparable conditions. These fish took only the natural food available (plankton, benthos) without any supplementary feeding of cereals and they were harvested and evaluated in an identical manner to the previous group.

Sampling and chemical analyses

Seven specimens from each group were used for analyses. The fish were slaughtered, gutted, all scales were removed and the fish were filleted. The fillet was divided into three parts (Fig. 1) according to the proportion of dorsal (D), ventral (V) and caudal (C) muscles.

Fig. 1.



Analysis of polyunsaturated fatty acids

Fish muscle was analysed for fatty acid composition - polyunsaturated fatty acid (PUFA), eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), n-6, n-3, n-3/n-6 in the fat of the fish flesh.

Separation of neutrals lipids, the triacylglycerols.

Fish flesh samples were lyophilized and weighed. The extraction of lipids was performed in petrolether. The filtered extract was vapourized at 60 °C under nitrogen until a constant weight was achieved.

Lipids were extracted by means of petrolether from lyophilized flesh samples at 4 °C for 24 hours. The extract was vaporised under nitrogen at 60 °C and the isolated lipids were used for determination of fatty acids.

The fatty acid composition was determined by gas liquid chromatography (GLC) using a Varian 3300 gas chromatograph. Fatty acids for chromatography determination were transferred to methylester by re-esterification of fat petrolether solution using potassium hydroxid/methanol. Fatty acid representation was specified by counting peak area proportion to total peak area of all determined acids.

Tab. 24. Chromatography determination characteristics

Characteristics	Value
Column	Omegawax 530, 30m x 0.53 mm
Detektor	FID
Temperature: - oven	170 °C to 240 °C at 3 °C/min
- injector	250 °C
- detector	250 °C
Nitrogen flow	3 ml/min
Injection	1 µl, on column

Statistics

Differences in fatty acids content between/among types of food, body parts and fish individuals were analysed by hierarchical ANOVA ($P < 0.05$) check. The analyses were done using the STATISTICA 8.0 application check, means and standard deviations for summary tables were also computed in the program.

Results

Culture parameters

The experimental group of fish gained the mean live weight of 2.22 ± 0.38 kg by October 2006 and the weight gain was $7.66 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$. The food conversion coefficient was 1.99. The control group of fish, reared in ponds on natural food alone, gained the mean live weight of 2.15 ± 0.37 kg and their weight gain was $7.61 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$.

Fatty acids profile

Depending on the diet provided, the fatty acids profile was found to be substantially changed. Fish fed with a supplementary diet of maize unequivocally showed changes in PUFA content in their flesh, when compared to fish fed with natural food alone (Tab. 25). Supplementary feeding with maize affected the increase of oleic acid content. The representation of fatty acids C18:3 n-3, C20:5 n-3, C22:6 n-3 in individual parts of the fillet was tabulated (Tab. 25). In all parts of fillet of fish fed with a supplementary diet of maize, there was a significantly higher ($p < 0.01$) proportion of n – 6 PUFA. The n-3 PUFA group from neutral lipids was mostly represented in fat from the ventral part of fillet, either from fish fed with natural food only (22.26 ± 0.35 %), or from fish fed with a supplementary diet of maize (7.95 ± 0.98 %).

Tab. 25. Selected fatty acids in the muscular fat of common carp fillets
(in % of fatty acids total content; mean \pm SD)

	natural food	maize	natural food	maize	natural food	maize
	V (ventral)	V (ventral)	D (dorsal)	D (dorsal)	C (caudal)	C (caudal)
C14:0	1.52 \pm 0.07	1.3 \pm 0.04	1.61 \pm 0.08	1.28 \pm 0.15	1.81 \pm 0.12	1.23 \pm 0.09
C16:0	16.94 \pm 0.32	17.45 \pm 0.11	19.20 \pm 1.06	17.24 \pm 0.34	19.56 \pm 1.14	16.78 \pm 1.06
C18:0	3.13 \pm 0.22	4.73 \pm 0.10	3.19 \pm 0.10	4.69 \pm 0.23	3.56 \pm 0.02	4.87 \pm 0.10
C17:1	0.90 \pm 0.03	0.40 \pm 0.02	1.01 \pm 0.05	0.43 \pm 0.06	0.72 \pm 0.02	0.41 \pm 0.04
C18:1n-9	30.76 \pm 0.30	43.82 \pm 0.68	31.91 \pm 0.88	45.12 \pm 0.66	31.96 \pm 0,3	44.66 \pm 0.47
C20:1n-9	1.72 \pm 0.21	1.51 \pm 0.07	1.61 \pm 0.07	1.55 \pm 0.06	1.69 \pm 0.22	1.64 \pm 0.13
C18:3n-3	7.97 \pm 0.45	4.36 \pm 0.05	8.85 \pm 0.22	3.92 \pm 0.42	8.37 \pm 0.85	4.07 \pm 0.45
C18:4n-3	3.48 \pm 0.21	1.00 \pm 0.07	2.72 \pm 0.15	0.98 \pm 0.05	2.55 \pm 0.22	0.96 \pm 0.18
C20:3n-3	0.49 \pm 0.03	0.19 \pm 0.07	0.36 \pm 0.01	0.16 \pm 0.04	0.38 \pm 0.02	0.19 \pm 0.01
C20:4n-3	1.44 \pm 0.10	0.37 \pm 0.07	1.14 \pm 0.02	0.35 \pm 0.01	1.07 \pm 0.06	0.37 \pm 0.05
C20:5n-3	4.21 \pm 0.27	1.38 \pm 0.05	3.17 \pm 0.95	1.43 \pm 0.21	2.92 \pm 0.26	1.47 \pm 0.14
C21:5n-3	0.21 \pm 0.02	0.09 \pm 0.02	0.21 \pm 0.01	0.09 \pm 0.01	0.15 \pm 0.1	0.09 \pm 0.01
C22:5n-3	1.13 \pm 0.10	0.38 \pm 0.04	0.84 \pm 0.13	0.43 \pm 0.03	0.78 \pm 0.10	0.44 \pm 0.04
C22:6n-3	1.04 \pm 0.17	0.47 \pm 0.07	0.88 \pm 0.13	0.60 \pm 0.13	0.77 \pm 0.18	0.59 \pm 0.20
C18:2n-6	5.22 \pm 0.24	9.25 \pm 0.23	4.54 \pm 0.26	8.83 \pm 0.40	4.51 \pm 0.32	9.01 \pm 0.21
C18:3n-6	0.26 \pm 0.01	0.27 \pm 0.01	0.21 \pm 0.01	0.25 \pm 0.01	0.22 \pm 0.02	0.26 \pm 0.02
C20:3n-6	0.25 \pm 0.02	0.23 \pm 0.02	0.18 \pm 0.03	0.24 \pm 0.02	0.17 \pm 0.05	0.25 \pm 0.01
C20:4n-6	1.08 \pm 0.01	0.74 \pm 0.03	0.85 \pm 0.03	0.83 \pm 0.03	0.80 \pm 0.07	0.85 \pm 0.05

Tab. 26. Groups of fatty acids in the muscular fat of common carp fillets
(in % of fatty acids total content; mean \pm SD)

	natural food	maize	natural food	maize	natural food	maize
	V (ventral)	V (ventral)	D (dorsal)	D (dorsal)	C (caudal)	C (caudal)
Σ n-3	22.26 \pm 0.35	7.95 \pm 0.98	18.16 \pm 0.78	7.96 \pm 0.45	16.98 \pm 0.25	8.17 \pm 0.48
Σ n-6	6.80 \pm 0.48	10.47 \pm 0.78	5.79 \pm 0.79	10.14 \pm 0.56	5.69 \pm 0.23	10.36 \pm 0.45
n-3/ n-6	3.27 \pm 0.75	0.75 \pm 0.12	3.13 \pm 0.72	0.78 \pm 0.12	2.98 \pm 0.45	0.78 \pm 0.02
Σ PUFA	29.06 \pm 0.87	18.43 \pm 0.53	23.95 \pm 0.95	18.11 \pm 0.62	22.69 \pm 0.56	18.55 \pm 0.47

When evaluating the total effect of food on proportions of the substances studied (PUFA, EPA, DHA, n-3, n -6), a significant difference was demonstrated ($p < 0.001$) in favour of fish fed only with the natural food.

Although there was found to be a difference in the proportions of essential fatty acids between groups of fish depending on the food source, there was no demonstrable difference in both fish groups between the content of EPA and DHA in the dorsal and caudal part of the fillet. The selected illustrative values of Tab. 25 show the EPA content in dorsal part of fillet of fish fed exclusively on natural food to be 3.17 ± 1.95 % and that of DHA to be 0.88 ± 0.13 %. In the caudal part of the fillet, the EPA content was 2.92 ± 0.26 % and the DHA content was 0.77 ± 0.18 %.

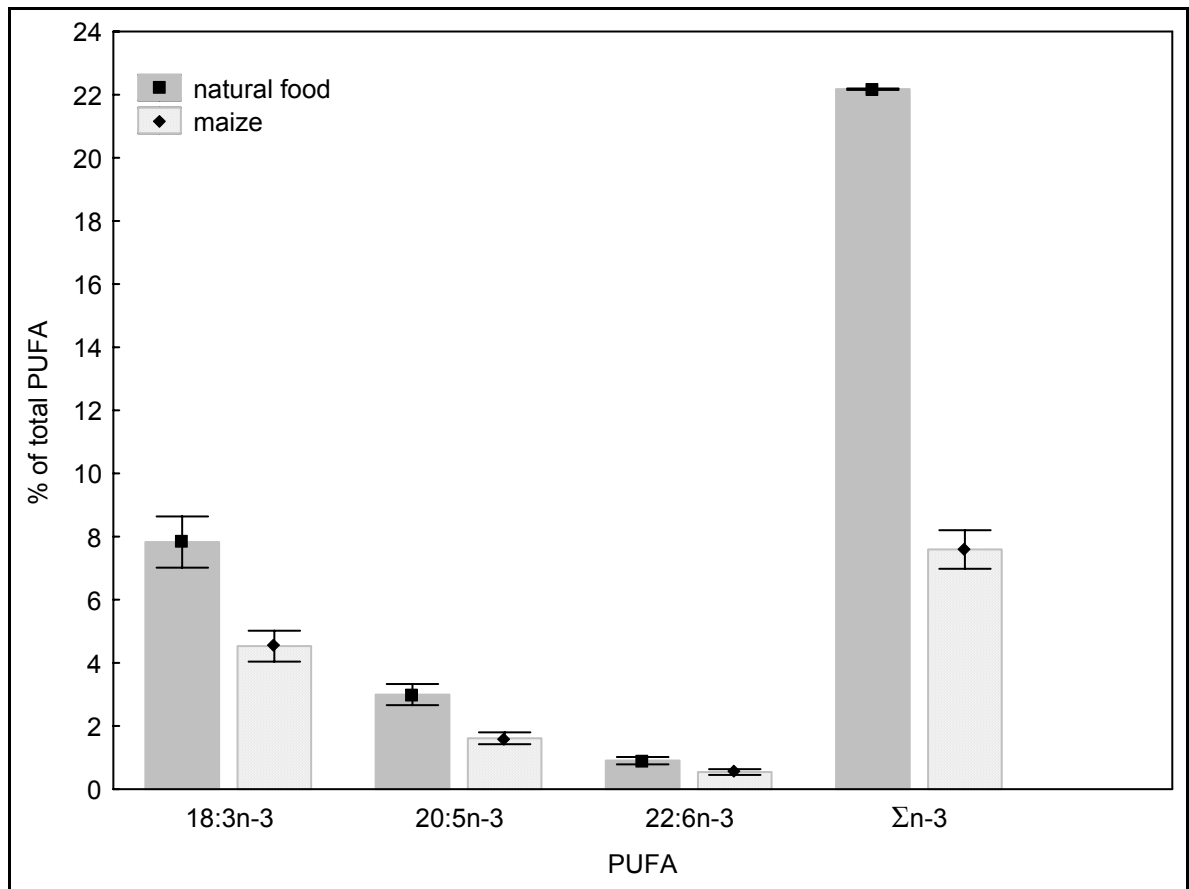
In fish fed with a supplementary diet of maize, the EPA content in dorsal part of the fillet was 1.43 ± 0.21 % and DHA content was 0.60 ± 0.13 %; in the caudal part the EPA content was 1.47 ± 0.14 % and the DHA content was 0.59 ± 0.20 %.

Supplementary feeding with maize substantially increased the content of oleic acid ($p < 0.001$) in the structure of neutral lipids within fillet muscle (Tab. 27). In fish fed exclusively on natural food, there was significantly higher content of α -linolenic acid in fillet muscle ($p < 0.001$). No significant difference was found among individual fish ($p < 0.06$).

Tab. 27. Statistic assessment of the effect of feed on the content of selected fatty acids

Fatty acid	p - value
C18:1n-9 oleic acid	$p < 0.001$
C18:3n-3 α -linolenic acid	$p < 0.001$
C 20:5n-3 eikosapentaenic acid	$p < 0.001$
C 22:6n-3 dokosaehaenic acid	$p < 0.001$

Fig.14. Values of selected polyunsaturated fatty acids in the ventral part of common carp fillets



The statistical assessment according to hierarchic ANOVA (Fig. 14.) check showed that those fish fed exclusively on natural food had a significantly ($p < 0.003$) higher content of α -linolenic acid, EPA, DHA, Σ n-3 in the ventral part of the fillet than those fish fed with a supplementary diet of maize where the proportion of these acids dropped along with an increasing level of oleic acid.

Discussion

Common carp and common carp products (fillets) are the main sales and export article of the Czech fisheries. Because of the significance of this product, scientific papers on this subject tend to focus on either productivity parameters or the fish or the product quality issues from a chemical composition perspective. Such papers deal, above all, with the proportions of fatty acids.

This study showed the proportion of fatty acids and polyunsaturated fatty acids in neutral lipids of common carp fillet, i.e. in its dorsal, ventral and caudal parts.

Experimental fish were fed with a supplementary diet of maize which was a source of higher energy content substances, and, thus, of oleic acid. Higher energy content in feed favourably affected fish growth and nutrient conversion rates, increased weight gain but it also increased the fat content in viscera and thus decreased the value of the fish as harvested. However, Jirasek *et al.* (2005) stated in this consequence that higher fat content in feed along with reduction of carbohydrates negatively affected the growth of the common carp. The fatty acid composition of the Muscle in individual parts of the fillet was not represented evenly. This effect was similarly demonstrated in rainbow trout from aquaculture (Mørkøre, 2002). Significant differences in the proportions of higher fatty acids were registered from the dorsal and ventral part of wells (Mares *et al.*, 2004) and other fish species (Testi, 2006). Such differences should be considered when sampling fish in order to assess their nutritional value.

This study showed an evident slight fluctuation in proportions of individual fatty acids in three parts of the fish body. The ventral part of the control fish demonstrably showed higher proportions of these substances (C18:3n-3, EPA, DHA a n-3) than the dorsal and caudal parts. Fish feeding on natural food alone have more PUFAs from neutral lipids (in proportions of C18:3n-3, EPA, DHA) stored into cells of the ventral part. With supplementary feeding of the fish with maize, there is an increasing proportion of oleic acid (C 18:1n-9) in the spectrum of deposited supply substances. With exclusive uptake of natural food, more unsaturated fatty acids are deposited at this site. Ventral parts of fish fed with a supplementary diet of maize (among others as a source of oleic acid) contain less nutritionally important n-3 fatty acids; that affects the total quality of the fish flesh.

Freshwater fish, compared to marine fish, show in their fatty acid structures approximately the same proportions of palmitic and palmitooleic acid, EPA and DHA but higher proportions of oleic, linolenic and linoleic acids (Mares, 2005). The n-3 PUFA content in the fat of freshwater fish is substantially lower and it ranges between 0.5 – 4 %. In freshwater fish, there is also a high proportion of n-6 acids, namely of linolenic acid. The effect of natural food on fish is reflected by the change in n-3/n-6 ratio. Many species of freshwater fish can effectively transform the alimentary C18 PUFA to their homologous acids with 20 or 22 carbon atoms. Some fish species, including the common carp, grow well with the ratio of linolenic : linoleic acid in food 1 : 1 and higher. It is generally valid for rearing the early stages of fish that a feed containing marine fish oils is favourable also for freshwater species (Sargent, 1997). Experimental, marketable fish which were captured for market needs from control conditions, clearly showed a higher proportion of n-3 fatty acids resulting n-3/n-6

ratio was 3.27 in contrast to fish fed with a supplementary diet of maize, where the n-3/n-6 ratio was 0.6.

The n-3/n-6 PUFA ratio is considered to be a very important criterion of fish lipid quality from the point of view of human nutrition. The nutritional situation is, however, more complicated: there is a whole series of other complex relationships and bonds among the uptake and transformation of arachidonic acid, EPA and DHA (Harris 1989, Sargent 1997).

Supplementary feeding of fish with cereals (which is the usual breeding practice in Central European pond aquaculture) causes higher weight gain of the fish and a higher fat content in the flesh. At the same time, qualitative changes occur in fish fat composition. The proportion of oleic acid is up to half as much and the proportion of linolenic acid drops. Concurrently, the proportion of n-3 fatty acid drops to one third, compared to fish with exclusive uptake of natural food.

This information is important towards expanding further possibilities of fish preparation and processing into higher value added products. Targeted products with a higher proportion of biologically active substances can be better marketed, as well as products targeted towards certain groups of consumers who will request such products.

Conclusion

In regions where the freshwater fish production is based on common carp culture, it is possible to consider preparation of specialized products based on knowledge of the distribution of fatty acids and a higher proportion of biologically valuable substances (PUFA, n-3, EPA, DHA) in the ventral part of the body of those fish which were fed with natural food only. It is in consumers' and trading organizations' interest to prepare a product with a high biological and nutritional value and, along with a higher proportion of applied labour, to gain increased financial value and to prepare an attractive product in the value-added product and bio-product categories.

The other perspective of fish production shows that if supplementary feeding with cereals (maize in this study) is applied, the growth capacity of common carp is substantially boosted and higher weight gain is realized. The price to be paid for that is in lower biological value of the flesh, considering the significantly reduced (half as little or even lower) proportion of essential fatty acids.

According to Sargent (1997) and Steffens (1997), to rear fish in extensive fresh water aquaculture systems, there might be greater potential to increase the nutritional value of

these fish. In addition, labelling as "organically produced food" will raise the price even more. This also permits the production of fish with a higher nutritional value by changing the feeding and rearing systems.

This study contributed towards awareness of nutritional value concerning the fatty acids, PUFA, n- 3, EPA and DHA in the flesh of common carp from the aquaculture systems used in Central Europe.

Acknowledgments

This study was supported by the NAZV project QH71011 and the USB RIFCH no. MSM600766589

5 Závěry

Bylo stanoveno základní spektrum mastných kyselin během dlouhodobého hladovění kapra. Bylo prokázáno, že kapr, který před sádkováním přijímá pouze přirozenou potravu, má větší zastoupení PUFA kyselin ve svalovině. Při sádkování ryba nejdříve začne odbourávat PUFA kyseliny, jelikož má menší procentické zastoupení MUFA a SFA ve svalovině z celkových lipidů. Naopak se projeví procentické zastoupení MUFA a SFA z celkových lipidů u ryb přikrmovaných obilovinou. Tyto sledované ryby nemusely odbourávat PUFA kyseliny, ale mohly využít zásobních lipidů.

Jedním z faktorů, které ovlivňují složení mastných kyselin během hladovění, je teplota. Teplota má vliv na membránovou fluiditu především při nízkých teplotách, protože zvyšuje zastoupení MUFA, PUFA v těle ryb.

Jedním z vnějších faktorů je přítomnost střevličky východní jako potravního konkurenta kapra. Ryby, které nemají dostatečné množství přirozené potravy, pak více preferují předkládanou obilovinu, což se projeví na zastoupení MUFA a SFA ve svalovině kapra. Naopak nepřikrmovaná ryba má nejmenší přírůstek a vyšší zastoupení PUFA kyselin v mase ryb.

Změny ve složení tuku také souvisí s organoleptickými vlastnostmi. Na začátku pokusu hodnotitelé příznivěji hodnotili vzorky svaloviny kontrolní skupiny a svalovinu ryb přikrmovaných tritikalem a nepříznivě hodnotili svalovinu ryb přikrmovaných kukuřicí. Naopak na konci sádkování byla svalovina ryb kontrolní skupiny hodnocena nejhůře především v hodnoceném znaku konzistence.

Byl stanoven vliv přikrmovaných obilovin na zastoupení mastných kyselin v mase kapra. Ve druhém pokusu jsme si ověřili vliv střevličky východní, která nebyla na dané lokalitě zjištěna, jako potravní konkurent kapra (plankton) a druhotně vliv na zastoupení mastných kyselin v mase kapra. Ryby nepřikrmované obilovinou dosáhly vyšší hmotnosti než v prvním experimentu a také vyšší zastoupení PUFA mastných kyselin v mase ryb. U ryb přikrmovaných obilovinami prokazatelně stoupá obsah MUFA a prokazatelně klesá podíl PUFA ve svalovině ryb. Zastoupení mastných kyselin zcela zřetelně ukazuje tendenci zvyšování MUFA u ryb s větší hmotností a přikrmovanou obilovinou, ale snižuje poměr $n - 3/n - 6$ vhodný pro spotřebitele.

Příkrm ryb obilovinou, který je běžným chovatelským postupem v rybníční akvakultuře střední Evropy působí, vedle vyššího přírůstku ryb, vyšší protučnění svaloviny. Dochází současně ke kvalitativním změnám ve složení tuku ryb. Až o jednu polovinu se zvyšuje podíl kyseliny olejové a klesá podíl kyseliny linolenové. Zároveň se, až na úroveň jedné třetiny, snižuje zastoupení n-3 mastných kyselin v porovnání s rybami s výhradním příjmem přirozené potravy.

Tento poznatek je významný směrem k dalším možnostem úpravy a zpracování ryb do výrobků s vyšší přidanou hodnotou. Lze lépe navrhnout cíleně zaměřené produkty s vyšším podílem biologicky aktivních látek a produkty zaměřené na určité skupiny spotřebitelů, které tyto produkty budou vyžadovat.

6 SUMMARY

In regions where the freshwater fish production is based on common carp culture, it is possible to consider preparation of specialized products based on knowledge of the distribution of fatty acids and a higher proportion of biologically valuable substances (PUFA, n-3, EPA, DHA) in the ventral part of the body of those fish which were fed with natural food only. It is in consumers' and trading organizations' interest to prepare a product with a high biological and nutritional value and, along with a higher proportion of applied labour, to gain increased financial value and to prepare an attractive product in the value-added product and bio-product categories.

The other perspective of fish production shows that if supplementary feeding with cereals (maize in this study) is applied, the growth capacity of common carp is substantially boosted and higher weight gain is realized. The price to be paid for that is in lower biological value of the flesh, considering the significantly reduced (half as little or even lower) proportion of essential fatty acids.

This study showed an evident slight fluctuation in proportions of individual fatty acids in three parts of the fish body. The ventral part of the control fish demonstrably showed higher proportions of these substances (C18:3n-3, EPA, DHA a n-3) than the dorsal and caudal parts. Fish feeding on natural food alone have more PUFAs from neutral lipids (in proportions of C18:3n-3, EPA, DHA) stored into cells of the ventral part. With supplementary feeding of the fish with maize, there is an increasing proportion of oleic acid (C 18:1n-9) in the spectrum of deposited supply substances. With exclusive uptake of natural food, more unsaturated fatty acids are deposited at this site. Ventral parts of fish fed with a supplementary diet of maize (among others as a source of oleic acid) contain less nutritionally important n-3 fatty acids; that affects the total quality of the fish flesh.

Supplementary feeding of fish with cereals (which is the usual breeding practice in Central European pond aquaculture) causes higher weight gain of the fish and a higher fat content in the flesh. At the same time, qualitative changes occur in fish fat composition. The proportion of oleic acid is up to half as much and the proportion of linolenic acid drops. Concurrently, the proportion of n-3 fatty acid drops to one third, compared to fish with exclusive uptake of natural food.

This information is important towards expanding further possibilities of fish preparation and processing into higher value added products. Targeted products with a higher proportion of biologically active substances can be better marketed, as well as products targeted towards certain groups of consumers who will request such products.

7 PŘÍLOHY

Pokus I

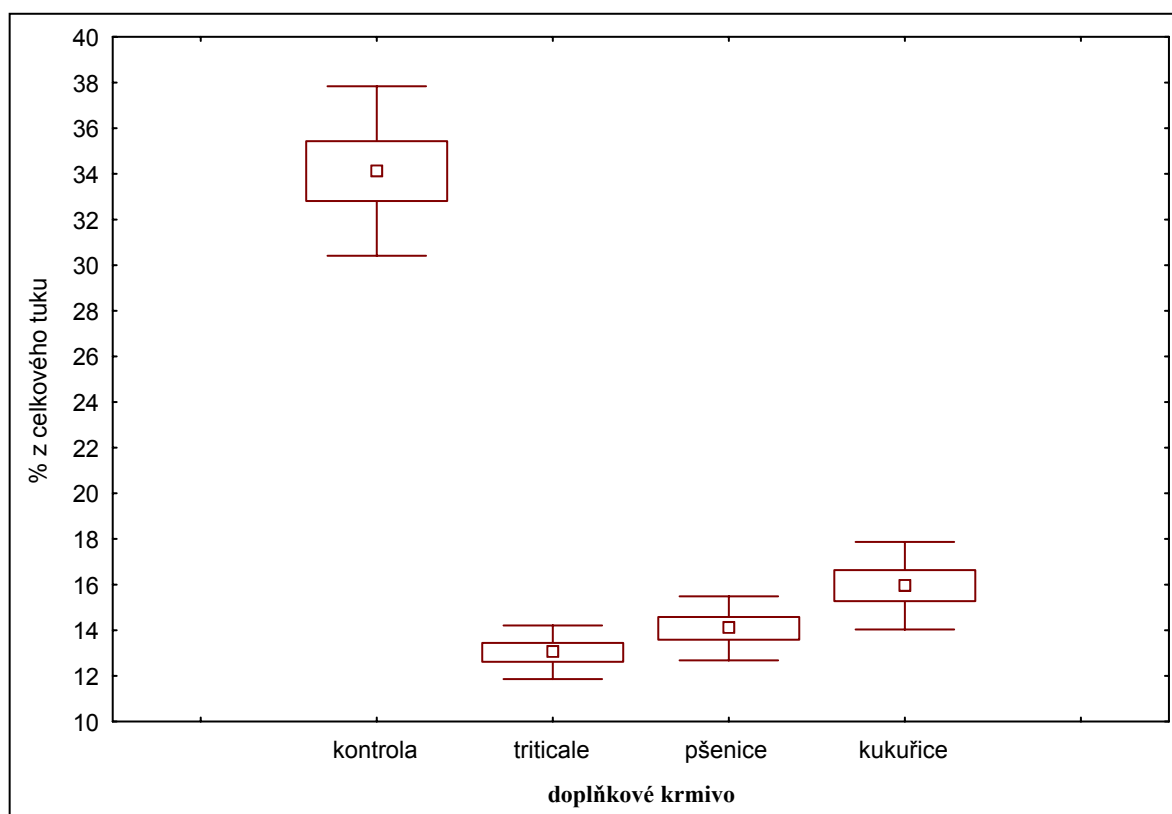
Tab. 28. Výsledky krmného pokusu I.

Rybník (krmivo)	Výlov podzim 2003			Přirůstek 2003		RKK
	ks	kg	průměr kg/ks	kg	průměr kg/ks	
Pěšák (kukuřice)	950	2147	2,26	1030	1,084	3,15
Horák (pšenice)	776	1637	2,11	766	0,987	3,45
Fišmistr (triticale)	986	2071	2,1	903	0,915	3,77
Baštýř (kontrola)	598	831	1,39	103	0,172	0

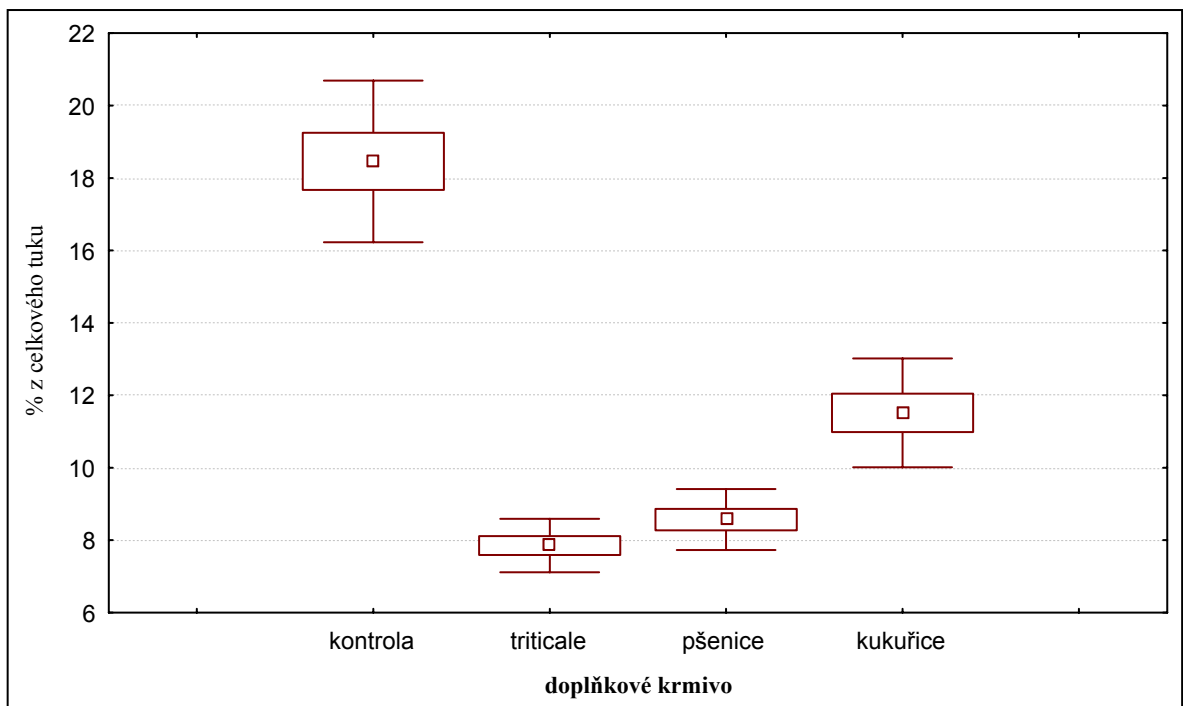
RKK = relativní krmný koeficient

7.1 Grafy

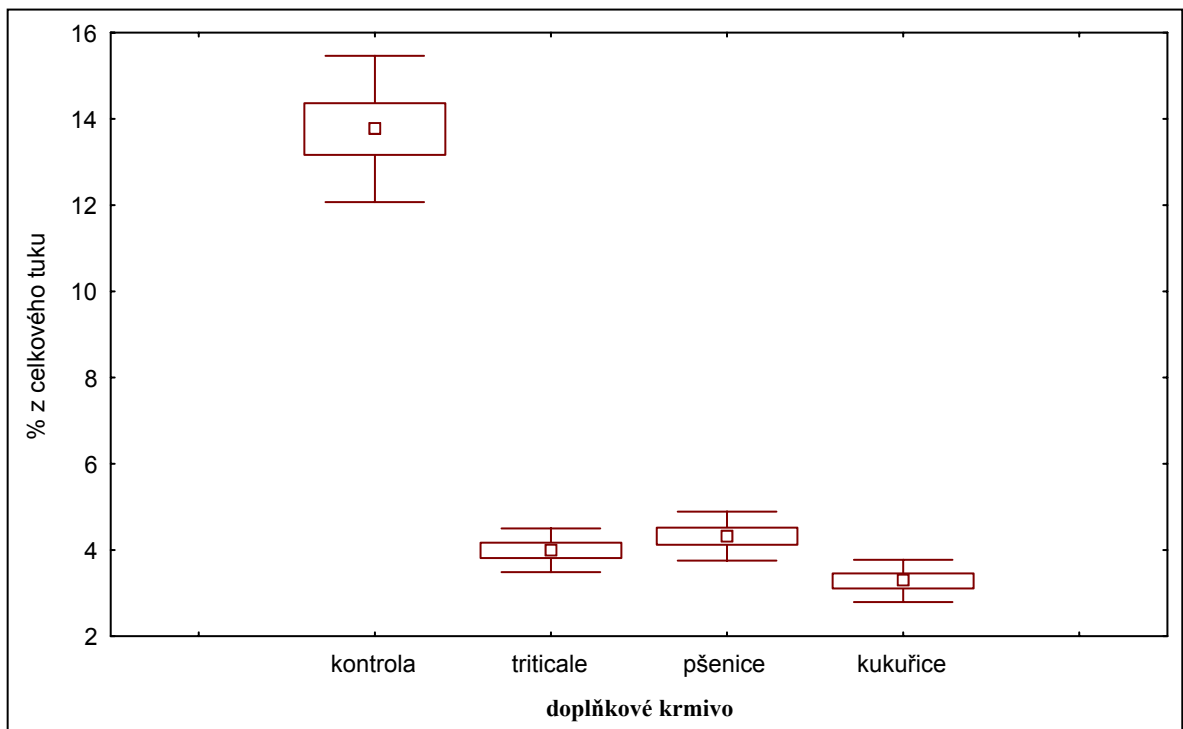
Graf 15. Průměrné hodnoty PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku); $F = 3,38$; $p = 0,03$



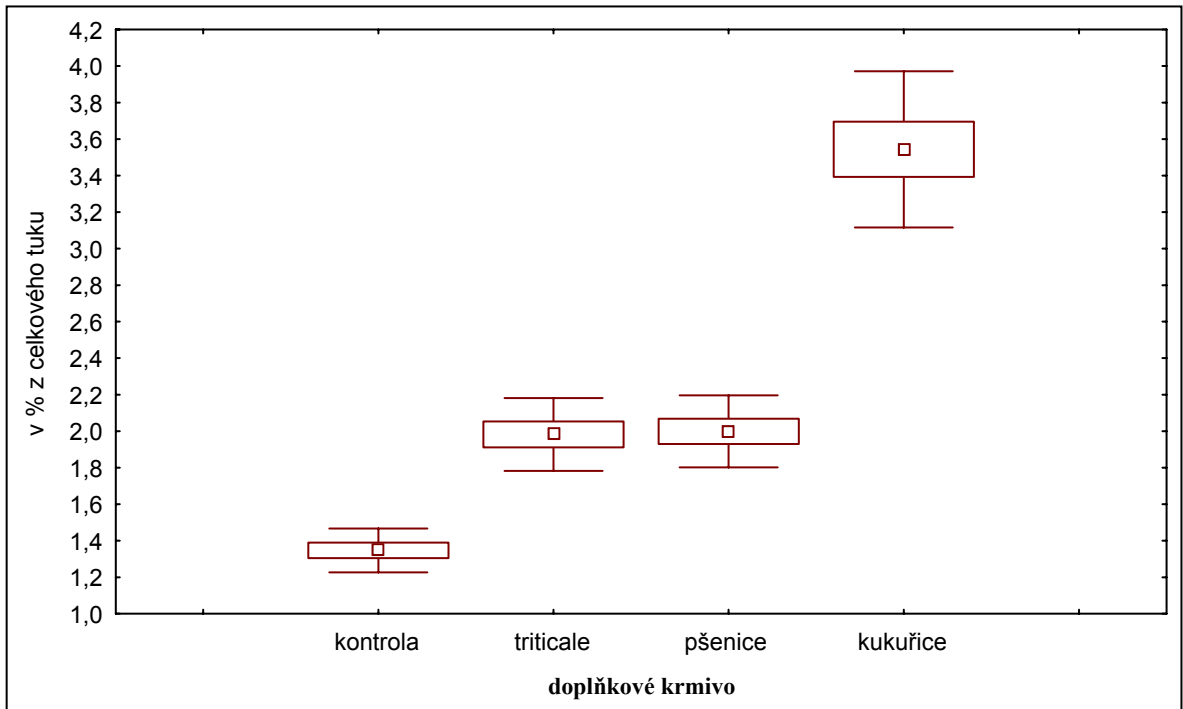
Graf 16. Průměrné hodnoty n – 6 PUFA ve svalovině ryb 2004; $F = 3,39$; $p = 0,01$



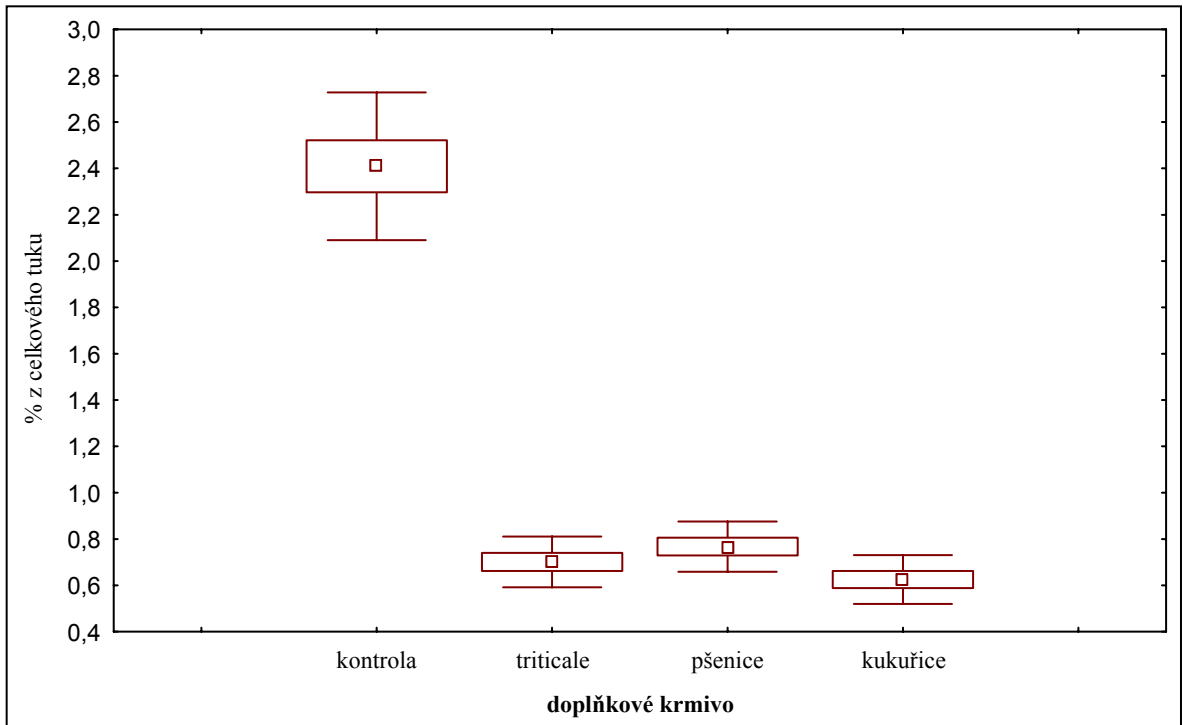
Graf 17. Průměrné hodnoty n – 3 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celek. tuku) $F = 5,46$; $p = 0,004$



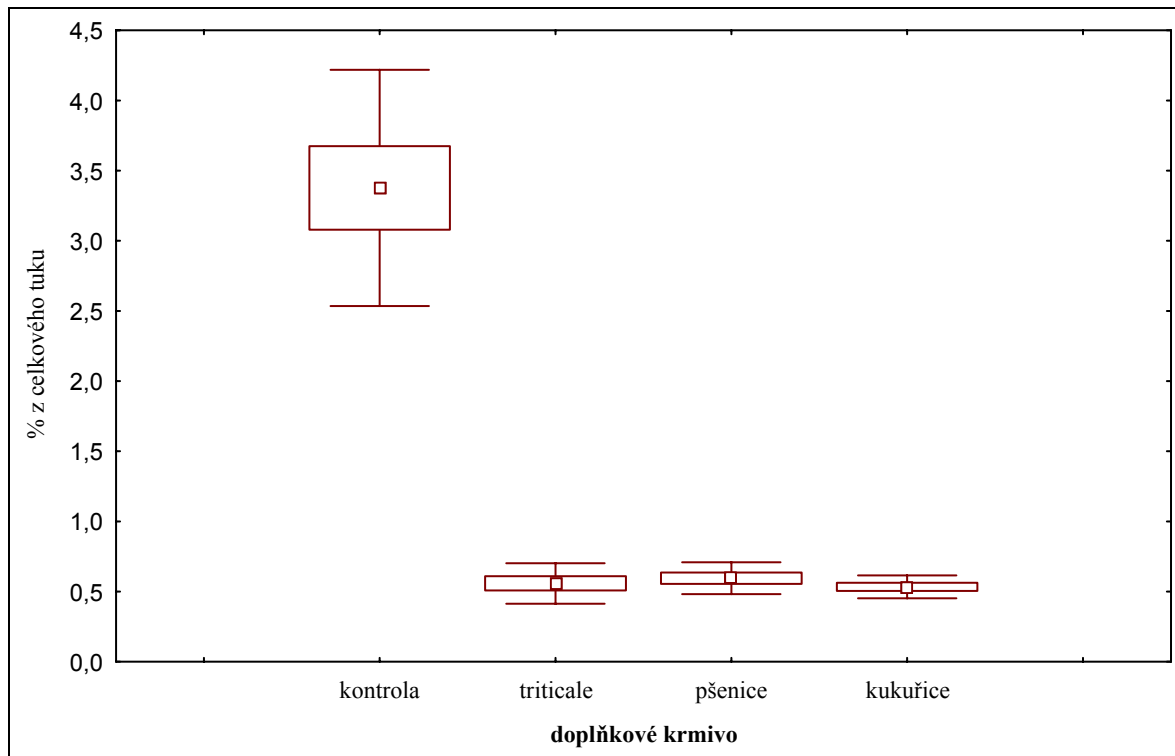
Graf 18. Průměrné hodnoty poměru $n - 6/n - 3$ PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 $F = 10,39$; $p = 0,0001$



Graf 19. Průměrné hodnoty EPA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku); $F = 5,75$; $p = 0,003$



Graf 20. Průměrné hodnoty obsahu DHA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku); $F = 11,34$; $p = 0,001$



Tab. 29. Složení mastných kyselin ve svalovině kaprů přikrmovaných kukuřicí

Pík	VMK	A	kukuřice						
		říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
		A001	A002	A003	A004	A005	A006	A007	A008
1	C14:0	1,02	0,98	0,94	0,86	1,02	1,14	1,10	1,09
3	C15:0	0,09	0,05	0,09	0,08	0,09	0,13	0,10	0,11
4	C16:0	18,92	18,74	18,41	17,79	19,33	19,95	20,54	19,00
5	C16:1	9,28	9,60	8,18	7,77	9,31	10,01	10,90	8,97
8	C16:2n4	0,12	0,05	0,07	0,06	0,06	0,15	0,17	0,19
9	C17:0	0,15	0,06	0,10	0,08	0,07	0,16	0,13	0,13
10	C16:3n4	0,25	0,10	0,25	0,21	0,21	0,28	0,27	0,26
12	C18:0	2,34	3,21	1,91	2,00	2,06	1,24	1,27	1,21
13	C18:1	48,48	50,95	47,25	51,13	50,18	47,53	45,57	47,95
14	C18:2n6	9,26	8,07	12,66	9,67	9,36	9,49	9,87	11,56
15	C18:3n6	0,20	0,18	0,28	0,24	0,20	0,21	0,20	0,21
16	C18:3n3	1,17	0,91	1,28	1,05	0,90	1,32	1,33	1,29
17	C18:4n3	0,38	0,27	0,48	0,42	0,33	0,43	0,39	0,44
18	C20:0	0,12	0,09	0,11	0,12	0,09	0,10	0,10	0,10
19	C20:1n9	2,63	2,45	2,39	2,75	2,50	2,73	2,75	2,65
22	C20:2	0,74	0,82	0,84	0,81	0,69	0,74	0,76	0,70
23	C20:3n6	0,31	0,32	0,35	0,33	0,31	0,30	0,32	0,31
24	C20:4n6	0,80	0,66	0,78	0,79	0,68	0,77	0,87	0,74
25	C20:3n3	0,09	0,06	0,08	0,05	0,07	0,07	0,10	0,10
26	C20:4n3	0,17	0,10	0,20	0,14	0,13	0,19	0,17	0,19
27	C20:5n3	0,71	0,45	0,64	0,58	0,50	0,72	0,71	0,68
30	C22:2	0,10	0,06	0,03	0,04	0,05	0,06	0,10	0,04
31	C21:5n3	0,11	0,08	0,32	0,30	0,05	0,08	0,07	0,08
32	(C22:4n6)	0,15	0,14	0,17	0,17	0,13	0,18	0,16	0,13
33	C22:5n6	0,09	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07	0,09
34	C22:5n3	0,26	0,16	0,18	0,23	0,15	0,21	0,23	0,22
35	C22:6n3	0,65	0,42	0,50	0,60	0,45	0,55	0,61	0,50

Tab. 30. Složení mastných kyselin ve svalovině kaprů přikrmovaných pšenicí

Pík	VMK	B pšenice							
		říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
		B001	B002	B003	B004	B005	B006	B007	B008
1	C14:0	1,11	0,99	0,96	1,01	1,24	1,32	1,50	1,17
2		0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,06	0,07	0,04
3	C15:0	0,12	0,14	0,09	0,11	0,12	0,15	0,17	0,14
4	C16:0	21,58	18,75	20,07	20,58	19,78	22,21	20,89	19,28
5	C16:1	11,42	9,61	9,67	9,92	9,56	11,92	11,10	10,89
8	C16:2n4	0,11	0,11	0,05	0,06	0,07	0,08	0,22	0,20
9	C17:0	0,15	0,17	0,09	0,13	0,08	0,12	0,19	0,15
10	C16:3n4	0,28	0,36	0,20	0,30	0,10	0,38	0,35	0,33
12	C18:0	2,77	2,60	5,72	1,33	4,84	0,79	4,43	1,41
13	C18:1	44,05	48,73	47,20	47,22	47,86	43,06	45,90	48,31
14	C18:2n6	7,11	6,80	6,44	7,94	7,03	8,39	6,19	7,54
15	C18:3n6	0,20	0,19	0,17	0,20	0,15	0,23	0,17	0,19
16	C18:3n3	1,85	1,99	1,41	1,74	1,61	2,15	1,79	1,82
17	C18:4n3	0,48	0,49	0,44	0,51	0,43	0,63	0,50	0,51
18	C20:0	0,08	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
19	C20:1n9	3,10	2,99	3,09	3,28	2,41	2,85	1,97	2,79
22	C20:2	0,89	0,82	0,65	0,82	0,73	0,72	0,60	0,72
23	C20:3n6	0,30	0,31	0,31	0,32	0,26	0,29	0,23	0,26
24	C20:4n6	0,70	0,78	0,58	0,76	0,65	0,71	0,62	0,68
25	C20:3n3	0,11	0,14	0,10	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11
26	C20:4n3	0,26	0,31	0,17	0,27	0,20	0,32	0,21	0,25
27	C20:5n3	0,75	0,85	0,57	0,80	0,69	0,93	0,78	0,77
30	C22:2	0,05	0,05	0,04	0,06	0,08	0,07	0,04	0,05
31	C21:5n3	0,09	0,12	0,09	0,08	0,05	0,09	0,06	0,07
32	(C22:4n6)	0,16	0,19	0,12	0,17	0,15	0,17	0,11	0,15
33	C22:5n6	0,09	0,09	0,07	0,10	0,06	0,09	0,06	0,08
34	C22:5n3	0,22	0,26	0,16	0,23	0,19	0,24	0,22	0,26
35	C22:6n3	0,63	0,73	0,49	0,69	0,44	0,68	0,46	0,64

Tab. 31. Složení mastných kyselin ve svalovině kaprů přikrmovaných triticalem

Pík	VMK	C	triticale						
		říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
		C001	C002	C003	C004	C005	C006	C007	C008
1	C14:0	1,37	1,12	1,06	1,23	1,23	1,30	1,21	1,15
3	C15:0	0,12	0,10	0,10	0,12	0,13	0,10	0,11	0,11
4	C16:0	20,97	19,77	19,96	19,76	20,73	20,11	18,55	19,78
5	C16:1	12,55	10,02	9,85	9,42	10,58	10,52	9,66	9,94
8	C16:2n4	0,10	0,09	0,05	0,07	0,10	0,13	0,17	0,14
9	C17:0	0,11	0,12	0,09	0,09	0,08	0,08	0,15	0,14
10	C16:3n4	0,29	0,28	0,17	0,27	0,09	0,22	0,24	0,30
12	C18:0	2,47	1,52	5,29	1,95	1,53	1,42	4,25	1,45
13	C18:1	44,92	50,11	49,04	49,59	49,89	50,72	49,93	48,43
14	C18:2n6	6,68	6,07	5,85	6,79	6,69	6,56	6,35	7,94
15	C18:3n6	0,21	0,15	0,14	0,19	0,16	0,16	0,15	0,20
16	C18:3n3	1,84	1,62	1,53	1,82	1,62	1,48	1,80	1,60
17	C18:4n3	0,51	0,35	0,41	0,54	0,47	0,40	0,52	0,52
18	C20:0	0,08	0,08	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,13
19	C20:1n9	2,57	3,14	2,37	2,72	2,42	2,32	2,03	2,63
22	C20:2	0,80	1,08	0,66	0,78	0,75	0,77	0,66	0,77
23	C20:3n6	0,27	0,26	0,21	0,28	0,21	0,23	0,22	0,29
24	C20:4n6	0,67	0,63	0,52	0,63	0,55	0,55	0,62	0,75
25	C20:3n3	0,11	0,11	0,09	0,12	0,10	0,07	0,11	0,11
26	C20:4n3	0,19	0,22	0,15	0,25	0,17	0,18	0,25	0,24
27	C20:5n3	0,75	0,62	0,58	0,78	0,63	0,58	0,80	0,86
30	C22:2	0,06	0,11	0,05	0,06	0,07	0,08	0,04	0,06
31	C21:5n3	0,10	0,11	0,08	0,12	0,06	0,07	0,08	0,08
32	(C22:4n6)	0,14	0,15	0,11	0,15	0,11	0,11	0,12	0,14
33	C22:5n6	0,08	0,07	0,06	0,09	0,06	0,08	0,09	0,09
34	C22:5n3	0,23	0,20	0,17	0,26	0,14	0,16	0,25	0,25
35	C22:6n3	0,64	0,48	0,41	0,69	0,38	0,45	0,66	0,76

Tab. 32. Složení mastných kyselin ve svalovině kaprů kontrolní skupiny

Pík	VMK	D	kontrola						
		říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
		D001	D002	D003	D004	D005	D006	D007	D008
1	C14:0	1,54	1,62	1,81	1,49	1,74	1,78	1,74	1,74
3	C15:0	0,32	0,32	0,41	0,37	0,31	0,26	0,29	0,30
4	C16:0	14,43	15,24	15,15	14,61	15,60	15,78	17,37	15,46
5	C16:1	7,37	7,49	7,13	6,29	7,09	6,51	8,13	7,47
8	C16:2n4	0,31	0,33	0,41	0,32	0,32	0,19	0,42	0,24
9	C17:0	0,48	0,45	0,46	0,51	0,43	0,22	0,37	0,35
10	C16:3n4	0,76	0,76	0,78	0,64	0,67	0,57	0,59	0,62
12	C18:0	4,16	4,44	4,09	4,89	4,77	5,64	4,85	1,88
13	C18:1	27,89	31,02	27,26	27,19	31,20	29,63	33,81	35,89
14	C18:2n6	17,62	12,85	17,16	14,17	14,16	14,06	11,61	12,90
15	C18:3n6	0,39	0,40	0,59	0,24	0,46	0,26	0,19	0,30
16	C18:3n3	4,81	4,26	5,03	3,93	4,03	3,05	3,02	3,70
17	C18:4n3	1,11	1,31	1,36	0,86	1,07	0,85	0,81	0,95
18	C20:0	0,19	0,14	0,17	0,19	0,17	0,17	0,15	0,15
19	C20:1n9	2,62	2,76	2,52	3,71	2,93	2,87	3,26	3,63
22	C20:2	0,87	0,87	0,78	1,14	0,78	0,75	0,77	0,76
23	C20:3n6	0,55	0,49	0,51	0,66	0,47	0,50	0,43	0,43
24	C20:4n6	1,92	2,01	1,87	2,83	1,88	2,67	1,96	2,00
25	C20:3n3	0,38	0,42	0,39	0,42	0,32	0,27	0,31	0,39
26	C20:4n3	0,98	1,03	1,01	0,91	0,97	0,92	0,71	0,90
27	C20:5n3	2,32	2,71	2,70	2,83	2,34	2,37	1,90	2,12
30	C22:2	0,07	0,09	0,08	0,04	0,04	0,01	0,09	0,13
31	C21:5n3	0,34	0,28	0,37	0,30	0,20	0,27	0,22	0,25
32	(C22:4n6)	0,80	0,64	0,56	0,88	0,68	0,99	0,63	0,76
33	C22:5n6	0,38	0,49	0,36	0,56	0,35	0,48	0,30	0,30
34	C22:5n3	1,34	1,39	1,19	1,87	1,30	1,81	1,03	1,24
35	C22:6n3	2,95	3,50	2,97	4,43	3,22	4,83	2,47	2,65

7.2 Souhrn naměřených hodnot mastných kyselin ve svalovině ryb

Tab. 33. Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb přikrmovaných kukuřicí

měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
Σ MK								
SFA	22,68	23,18	21,59	20,96	22,69	22,76	23,27	21,66
MUFA	60,39	63,00	57,81	61,66	61,99	60,27	59,22	59,57
PUFA	15,55	12,89	19,15	15,77	14,34	15,83	16,39	17,72
PUFA n - 6	10,81	9,44	14,30	11,29	10,75	11,02	11,48	13,04
PUFA n - 3	3,53	2,43	3,67	3,37	2,58	3,57	3,61	3,49
PUFA n - 6/n - 3	3,06	3,89	3,90	3,35	4,17	3,09	3,18	3,73
MUFA/SFA	2,66	2,72	2,68	2,94	2,73	2,65	2,54	2,75
PUFA/SFA	0,69	0,56	0,89	0,75	0,63	0,70	0,70	0,82
PUFA/MUFA	0,26	0,20	0,33	0,26	0,23	0,26	0,28	0,30
EPA	0,71	0,45	0,64	0,58	0,50	0,72	0,71	0,68
DHA	0,65	0,42	0,50	0,60	0,45	0,55	0,61	0,50

(v % z celkového tuku)

Tab. 34. Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb přikrmovaných pšenicí

měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
Σ MK								
SFA	25,86	22,77	27,08	23,31	26,19	24,75	27,33	22,28
MUFA	58,57	61,33	59,96	60,42	59,84	57,84	58,98	61,99
PUFA	14,28	14,59	12,05	15,17	13,01	16,27	12,70	14,64
PUFA n - 6	8,55	8,36	7,69	9,50	8,31	9,87	7,38	8,90
PUFA n - 3	4,40	4,88	3,42	4,42	3,72	5,15	4,12	4,44
PUFA n - 6/n - 3	1,94	1,71	2,24	2,15	2,23	1,92	1,79	2,00
MUFA/SFA	2,27	2,69	2,21	2,59	2,28	2,34	2,16	2,78
PUFA/SFA	0,55	0,64	0,44	0,65	0,50	0,66	0,46	0,66
PUFA/MUFA	0,24	0,24	0,20	0,25	0,22	0,28	0,22	0,24
EPA	0,75	0,85	0,57	0,80	0,69	0,93	0,78	0,77
DHA	0,63	0,73	0,49	0,69	0,44	0,68	0,46	0,64

(v % z celkového tuku)

Tab. 35. Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb přikrmovaných triticaelem
(v % z celkového tuku)

měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
Σ MK								
SFA	25,17	22,77	26,64	23,28	23,83	23,16	24,39	22,81
MUFA	60,04	63,28	61,26	61,72	62,89	63,57	61,61	61,00
PUFA	13,66	12,60	11,26	13,87	12,37	12,30	13,13	15,10
PUFA n - 6	8,04	7,34	6,90	8,13	7,77	7,69	7,55	9,41
PUFA n - 3	4,36	3,69	3,43	4,57	3,59	3,41	4,47	4,42
PUFA n - 6/n - 3	1,84	1,99	2,01	1,78	2,17	2,25	1,69	2,13
MUFA/SFA	2,39	2,78	2,30	2,65	2,64	2,75	2,53	2,67
PUFA/SFA	0,54	0,55	0,42	0,60	0,52	0,53	0,54	0,66
PUFA/MUFA	0,23	0,20	0,18	0,22	0,20	0,19	0,21	0,25
EPA	0,75	0,62	0,58	0,78	0,63	0,58	0,80	0,86
DHA	0,64	0,48	0,41	0,69	0,38	0,45	0,66	0,76

(v % z celkového tuku)

Tab. 36. Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině nepřikrmovaných ryb

měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben	květen
Σ MK								
SFA	21,44	22,47	22,47	22,39	23,36	24,18	25,05	20,15
MUFA	37,88	41,27	36,91	37,19	41,22	39,02	45,19	46,98
PUFA	37,91	33,82	38,09	37,00	33,26	34,82	27,43	30,65
PUFA n - 6	21,66	16,88	21,05	19,32	18,00	18,95	15,13	16,70
PUFA n - 3	14,24	14,91	15,00	15,54	13,45	14,35	10,44	12,19
PUFA n - 6/n - 3	1,52	1,13	1,40	1,24	1,34	1,32	1,45	1,37
MUFA/SFA	1,77	1,84	1,64	1,66	1,76	1,61	1,80	2,33
PUFA/SFA	1,77	1,51	1,70	1,65	1,42	1,44	1,09	1,52
PUFA/MUFA	1,00	0,82	1,03	0,99	0,81	0,89	0,61	0,65
EPA	2,32	2,71	2,70	2,83	2,34	2,37	1,90	2,12
DHA	2,95	3,50	2,97	4,43	3,22	4,83	2,47	2,65

(v % z celkového tuku)

Tab. 37. Průměrné hodnoty vícenenasycených mastných kyselin ve svalovině kaprů krmených obilovinami a bez příkrmování

	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
PUFA	15,96	14,09	13,04	34,12
PUFA n - 6	11,52	8,57	7,85	18,46
PUFA n - 3	3,28	4,32	3,99	13,77
PUFA n - 6/n - 3	3,54	2,00	1,98	1,35
EPA	0,62	0,77	0,70	2,41
DHA	0,54	0,60	0,56	3,38

(v % z celkového tuku)

Tab. 38. Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících

	říjen				listopad			
	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
SFA	22,68*	25,86	25,17	21,44	23,18	22,77	22,77	22,47
MUFA	60,39	58,57	60,04	37,88	63,00	61,33	63,28	41,27
PUFA	15,55	14,28	13,66	37,91	12,89	14,59	12,60	33,82
PUFA n - 6	10,81	8,55	8,04	21,66	9,44	8,36	7,34	16,88
PUFA n - 3	3,53	4,40	4,36	14,24	2,43	4,88	3,69	14,91
PUFA n - 6/n - 3	3,06	1,94	1,84	1,52	3,89	1,71	1,99	1,13
MUFA/SFA	2,66	2,27	2,39	1,77	2,72	2,69	2,78	1,84
PUFA/SFA	0,69	0,55	0,54	1,77	0,56	0,64	0,55	1,51
PUFA/MUFA	0,26	0,24	0,23	1,00	0,20	0,24	0,20	0,82

(* v % z celkového tuku)

Tab. 39. Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících

	prosinec				leden			
	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
SFA	21,59*	27,08	26,64	22,47	20,96	23,31	23,28	22,39
MUFA	57,81	59,96	61,26	36,91	61,66	60,42	61,72	37,19
PUFA	19,15	12,05	11,26	38,09	15,77	15,17	13,87	37,00
PUFA n - 6	14,30	7,69	6,90	21,05	11,29	9,50	8,13	19,32
PUFA n - 3	3,67	3,42	3,43	15,00	3,37	4,42	4,57	15,54
PUFA n - 6/n - 3	3,90	2,24	2,01	1,40	3,35	2,15	1,78	1,24
MUFA/SFA	2,68	2,21	2,30	1,64	2,94	2,59	2,65	1,66
PUFA/SFA	0,89	0,44	0,42	1,70	0,75	0,65	0,60	1,65
PUFA/MUFA	0,33	0,20	0,18	1,03	0,26	0,25	0,22	0,99

(* v % z celkového tuku)

Tab. 40. Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících

	únor				březen			
	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
SFA	22,69*	26,19	23,83	23,36	22,76	24,75	23,16	24,18
MUFA	61,99	59,84	62,89	41,22	60,27	57,84	63,57	39,02
PUFA	14,34	13,01	12,37	33,26	15,83	16,27	12,30	34,82
PUFA n- 6	10,75	8,31	7,77	18,00	11,02	9,87	7,69	18,95
PUFA n- 3	2,58	3,72	3,59	13,45	3,57	5,15	3,41	14,35
PUFA n- 6/n - 3	4,17	2,23	2,17	1,34	3,09	1,92	2,25	1,32
MUFA/SFA	2,73	2,28	2,64	1,76	2,65	2,34	2,75	1,61
PUFA/SFA	0,63	0,50	0,52	1,42	0,70	0,66	0,53	1,44
PUFA/MUFA	0,23	0,22	0,20	0,81	0,26	0,28	0,19	0,89

(* v % z celkového tuku)

Tab. 41. Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících

	duben				květen			
	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
SFA	23,27*	27,33	24,39	25,05	21,66	22,28	22,81	20,15
MUFA	59,22	58,98	61,61	45,19	59,57	61,99	61,00	46,98
PUFA	16,39	12,70	13,13	27,43	17,72	14,64	15,10	30,65
PUFA n- 6	11,48	7,38	7,55	15,13	13,04	8,90	9,41	16,70
PUFA n- 3	3,61	4,12	4,47	10,44	3,49	4,44	4,42	12,19
PUFA n- 6/n - 3	3,18	1,79	1,69	1,45	3,73	2,00	2,13	1,37
MUFA/SFA	2,54	2,16	2,53	1,80	2,75	2,78	2,67	2,33
PUFA/SFA	0,70	0,46	0,54	1,09	0,82	0,66	0,66	1,52
PUFA/MUFA	0,28	0,22	0,21	0,61	0,30	0,24	0,25	0,65

(* v % z celkového tuku)

7.3 Složení mastných kyselin v přirozené potravě kapra

Tab. 42. Složení mastných kyselin přirozené potravy kapra

	mastná kyselina		plankton	bentos
1	myristová	C14:0	1,50	2,98
2	myristolejová	C14:1	0,12	0,32
5	pentadekanová	C15:0	0,89	0,92
8	palmitová	C16:0	16,15	15,35
9	palmitoolejová	C16:1	7,41	8,93
12	hexadekadienová	C16:2n4	0,77	0,69
13	margarová	C17:0	0,60	0,21
14	hiragonová	C16:3n4	1,12	0,37
15	heptadecenová	C17:1	2,18	1,91
18	stearová	C18:0	3,61	6,77
19	olejová	C18:1	11,70	15,80
20	linolová	C18:2n6	5,77	15,42
21	γ -linolenová	C18:3n6	0,87	0,43
22	α -linolenová	C18:3n3	15,33	9,21
23	stearidinová	C18:4n3	4,05	0,61
25	arachová	C20:0	0,047	0,907
26	gadolejová	C20:1n9	0,28	1,35
28	eikosadienová	C20:2	0,17	0,75
29	dihomo- γ -linolenová	C20:3n6	0,29	0,08
30	arachidonová	C20:4n6	2,93	2,11
33	eikosapentaenová (EPA)	C20:5n3	6,96	3,43
35	dokosadienová	C22:2	2,97	1,78
37	adrenová	(C22:4n6)	0,014	0,018
40	klupanodonová	C22:5n3	0,29	0
41	dokosahexaenová (DHA)	C22:6n3	3,07	0,19

(v % z celkového tuku)

7.4 Statistické vyhodnocení

Celkový obsah PUFA

V tab. 43 je znázorněn výsledek zjišťování rozdílů v podílu PUFA z celkového tuku. Ukázalo se, že signifikantní rozdíly byly zaznamenány pouze mezi tukem ryb kontrolních a tukem ryb přikrmovaných obilovinami. Z uvedené tabulky dále vyplývá, že nebyly shledány průkazné rozdíly mezi jednotlivými obilovinami.

Tab. 43. Tukey HSD test; variable PUFA

		{1}	{2}	{3}	{4}
1	kukuřice		0,375145	0,072313	0,000164
2	pšenice	0,375145		0,793170	0,000164
3	triticale	0,072313	0,793170		0,000164
4	kontrola	0,000164*	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Celkový obsah n–6 PUFA

V zastoupení n–6 PUFA se kontrolní ryby a ryby přikrmované kukuřicí liší od ostatních skupin i od sebe navzájem (viz tab. 44). Nebyl však prokázán statisticky významný rozdíl ve složení n–6 PUFA u ryb krmených pšenicí a triticale.

Tab. 44. Tukey HSD test; variable n - 6 PUFA

		{1}	{2}	{3}	{4}
1	kukuřice		0,002106	0,000287	0,000164
2	pšenice	0,002106*		0,758985	0,000164
3	triticale	0,000287	0,758985		0,000164
4	kontrola	0,000164	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Celkový obsah n – 3 PUFA

Obsah vícenenasycených mastných kyselin řady n–3 se průkazně neliší ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami. Avšak u kontrolních ryb je podíl n–3 PUFA odlišný. V tab. 45 jsou patrné statisticky významné rozdíly v podílu těchto mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině kapra.

Tab. 45. Tukey HSD test; variable n - 3 PUFA

		{1}	{2}	{3}	{4}
1	kukuřice		0,159355	0,463827	0,000164
2	pšenice	0,159355		0,902950	0,000164
3	triticale	0,463827	0,902950		0,000164
4	kontrola	0,000164*	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Poměr n–6 PUFA / n–3 PUFA

Výsledek statistického šetření v případě poměru n–6 a n–3 PUFA je podobný jako v případě podílu n–6 PUFA z celkového tuku. Svalovina kontrolních ryb a ryb přikrmovaných kukuřicí se poměrem těchto kyselin liší mezi sebou i od svaloviny ryb krmených pšenicí a triticale. Naproti tomu nebyly zaznamenány průkazné rozdíly v poměru n–6/n–3 PUFA ve svalovině ryb krmených pšenicí a tritcale.

Tab. 46. Tukey HSD test; variable n-6/n-3 PUFA

		{1}	{2}	{3}	{4}
1	kukuřice		0,000164	0,000164	0,000164
2	pšenice	0,000164*		0,999311	0,000314
3	triticale	0,000164	0,999311		0,000380
4	kontrola	0,000164	0,000314	0,000380	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Obsah EPA a DHA

V následujících tabulkách a jsou znázorněny výsledky testování průkazných rozdílů na základě podílu EPA (tab. 47) a DHA (tab. 48) z celkového tuku ve svalovině kapra obecného.

Tab. 47. Tukey HSD test; variable EPA

		{1}	{2}	{3}	{4}
1	kukuřice		0,429199	0,842652	0,000164
2	pšenice	0,429199		0,890703	0,000164
3	triticale	0,842652	0,890703		0,000164
4	kontrola	0,000164*	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v podílu EPA a DHA z celkového tuku ve svalovině ryb krměných libovolnou obilovinou. Avšak stejně jako ve všech předchozích případech, také z hlediska obsahu EPA a DHA se svalovina kontrolních ryb liší od svaloviny ryb přikrmovaných kukuřicí, pšenicí nebo triticale.

Tab. 48. Tukey HSD test; variable DHA

		{1}	{2}	{3}	{4}
1	kukuřice		0,991760	0,999519	0,000164
2	pšenice	0,991760		0,998207	0,000164
3	triticale	0,999519	0,998207		0,000164
4	kontrola	0,000164*	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

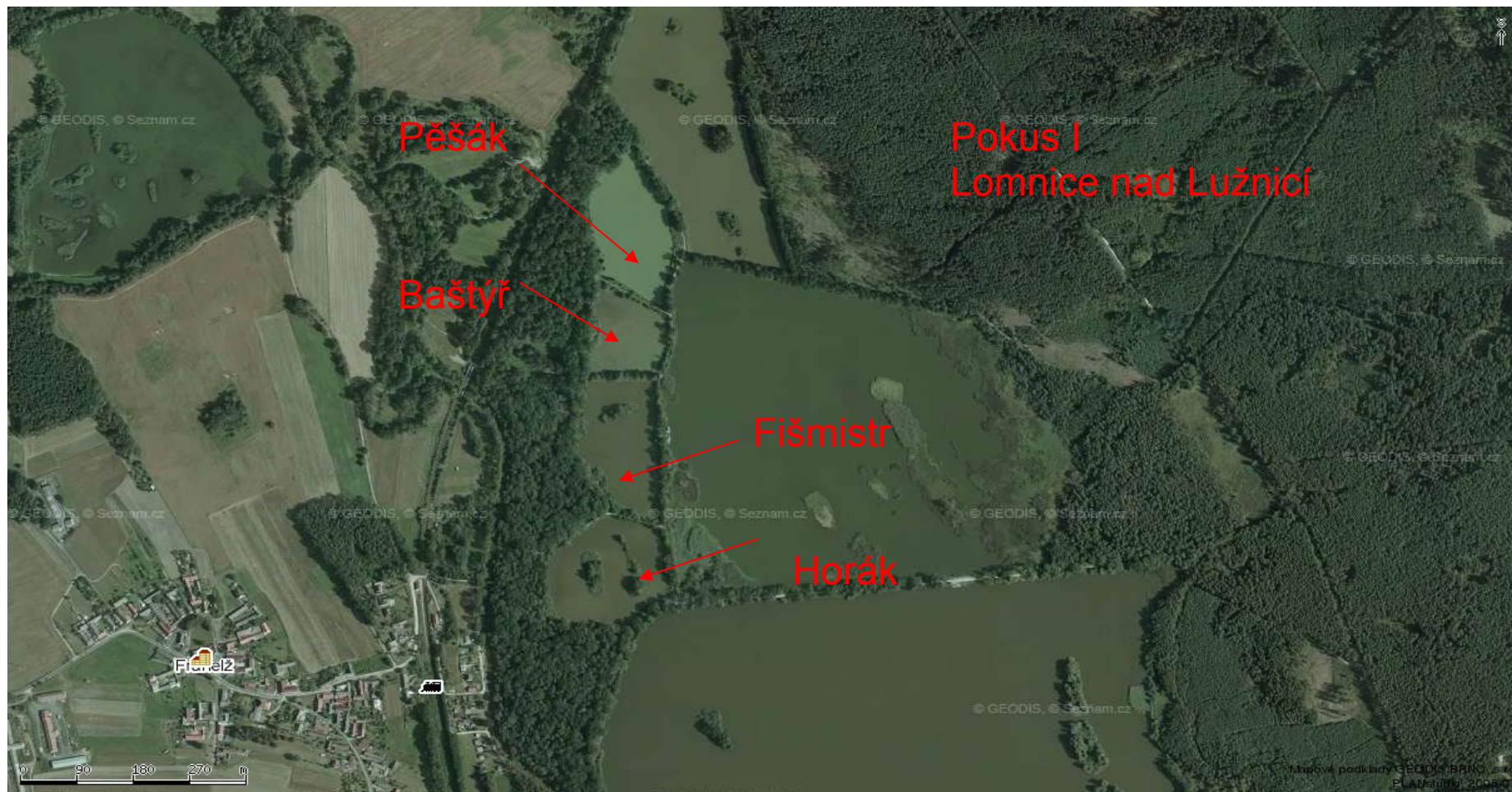
7.5 Pokus II

Tab. 49. Zastoupení mastných kyselin v krmivu

mastné kyseliny		kukuřice	pšenice	triticale	žito	ječmen
myristová	C14:0	0,009*	0,054	0,04	0,065	0,64
palmitová	C16:0	10,232	16,0625	15,1565	16,23	12,456
palmitolejová	C16:1	0,174	0,269	0,1775	0,196	0,168
stearová	C18:0	0,685	0,996	0,778	0,852	0,623
olejová	C18:1	32,75	16,4285	17,4665	15,251	19,562
linolová	C18:2	52,448	58,9085	58,8155	58,621	53,324
α -linolenová	C18:3n3	1,137	4,8655	5,2675	5,213	2,456
arachová	C20:0	0,491	0,129	0,0955	0,925	0,542
gadolejová	C20:1	0,425	0,7075	1,0805	0,978	0,476
eikosadienová	C20:2n6	0,024	0,161	0,1265	0,146	0,056
behenová	C22:0	0,13	0,085	0,081	0,083	0,17
lignocerová	C24:0	0,087	0,1125	0,1435	0,126	0,086

(* % z celkového tuku)

7.6 Mapy pokusných lokalit





Zdroj: Mapové podklady GEODIS s.r.o.

7.7 Výtěžnost

Tab. 50. Celková výtěžnost na začátku a konci pokusu

			celková h.	hjol	h. hlava	h. vnitřnosti	h. viscerální tuk	výtěžnost %
pokusná skupina kukuřice	podzim	mlíčáci	2173,22+/-301,86*	1346,44+/-193,13	333,44+/-58,07	310,22+/-56,74	45,66+/-22,98	61,91+/-2,22
		jikernačky	2293,83+/-324,78	1397,16+/-206,93	364,5+/-85,83	345,83+/-54,94	46,33+/-18,52	60,8+/-1,24
		celkem	2221,47+/-305,75	1366,73+/-193,05	345,87+/-69,32	324,47+/-56,95	45,93+/-20,60	61,5+/-1,92
	léto	mlíčáci	1753,25+/-280,23	1020,50+/-193,64	341,75+/-59,72	237+/-44,67	11,37+/-11,08	58,09+/-3,27
		jikernačky	1812,85+/- 134,98	1071,28+/-67,12	361,85+/-56,90	227,71+/-26,96	10,71+/-7,32	59,16+/-1,9
		celkem	1781,07+/-219,13	1044,2+/-146,17	351,13+/-57,56	232,67+/-36,5	11,07+/-9,19	58,6+/-2,68
pokusná skupina pšenice	podzim	mlíčáci	2175,28+/-439,61	1300,57+/-274,24	376,57+/-78,32	320,71+/-86,32	29,85+/-15,78	51,9+/-2,54
		jikernačky	2279,83+/-401,46	1435+/-230,69	389,83+/-112,44	290,33+/-74,64	32,16+/-22,71	63,13+/-3,48
		celkem	2223,54+/-408,32	1362,62+/-254,25	382,69+/-91,56	306,69+/-79,34	30,92+/-18,46	61,3+/-3,39
	léto	mlíčáci	1650,1+/-200,77	986,6+/-141,25	318,2+/-45,89	216,6+/-51,89	2,2+/-2,20	59,7+/-3,15
		jikernačky	1663,2+/-238,44	946,8+/-117,44	309,4+/-54,62	271,6+/-77,06	5,6+/-8,14	57,1+/-3,18
		celkem	1654,47+/-205,41	973,33+/-130,93	315,27+/-47,16	234,93+/-64,40	3,33+/-4,98	58,8+/-3,3
pokusná skupina triticale	podzim	mlíčáci	1698,44+/-211,62	1025,66+/-161,06	289+/-42,90	240,44+/-32,31	22,11+/-10,59	60,2+/-3,43
		jikernačky	2189,33+/-350,86	1339+/-301,27	370,66+/-49,15	309,66+/-62,56	28,33+/-13,47	60,75+/-5,22
		celkem	1894,8+/-362,66	1151+/-269,23	321,67+/-60,24	268,13+/-56,81	24,6+/-11,78	60,4+/-4,06
	léto	mlíčáci	1516+/-183,19	900,37+/-130,06	293,12+/-41,48	192,12+/-33,67	1,25+/-2,12	59,27+/-2,76
		jikernačky	1590,28+/-271,95	931,71+/-185,34	343,14+/-43,98	194,42+/-80,84	2,71+/-2,29	58,39+/-4,09
		celkem	1550,67+/-223,49	915+/-153,11	316,47+/-48,55	193,2+/-58,04	1,93+/-2,25	58,9+/-3,34
kontrolní skupina	podzim	mlíčáci	1400,44+/-194,46	825,11+/-121,59	282,22+/-50,19	174,55+/-29,26	2+/-2,45	58,93+/-1,94
		jikernačky	1327,66+/-248,53	798+/-147,16	296+/-74,08	148,66+/-53,01	0,33+/-0,58	60,14+/-0,8
		celkem	1382,25+/-199,54	818,33+/-121,82	285,67+/-53,56	168,08+/-35,64	1,58+/-2,23	59,2+/-1,77
	léto	mlíčáci	1118,25+/-153,33	636,25+/-110,81	260+/-35,36	114,13+/-21,38	0,75+/-0,89	56,7+/-3,32
		jikernačky	1022,57+/-125,2	566,57+/-63,72	249,14+/-51,52	103,86+/-24,31	0,71+/-1,25	55,5+/-2,41
		celkem	1073,6+/-144,62	603,73+/-95,78	254,93+/-42,36	109,33+/-22,58	0,73+/-1,03	56,14+/-2,9

* průměr (g) ± sm.odch

Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.)

F. Vacha · P. Vejsada · J. Huda · P. Hartvich

Received: 8 August 2005 / Accepted: 5 December 2006 / Published online: 24 March 2007
© Springer Science+Business Media B.V. 2007

Abstract Supplemental cereal feeding (maize, wheat and triticale compared with a control group with natural food only) and its effect on fatty acid (FA) expression in the flesh during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio*) was investigated. The fish were cultured in earthen ponds in the Trebon region (Czech Republic). The content of fatty acid was investigated in the flesh of carp during 8 months of long-lasting storage without additional feeding. Sixty common carp in their third year of life were used for the analyses. The weight of the fish (marketable fish) ranged from 1,358 g to 2,221 g. Polyunsaturated fatty acid (PUFA, *n*-3) content and composition in fish flesh were determined by gas chromatography (VARIAN 3300). Supplemental cereals caused lower levels of PUFAs and *n*-3 PUFAs in fish fat. The content of these fatty acids did not decrease, even during 8 months of fish storage. The average percentage of PUFAs in total fat from edible parts was: for maize 13.7% ± 1.58%, for wheat 11.6% ± 1.17% and for triticale 10.7% ± 1.00%. The percentage of *n*-3 PUFA for maize was 2.5% ± 0.36%, for wheat 3.38% ± 0.44% and for triticale 3.1% ± 0.39%.

Keywords Common carp · Gas chromatography · Fatty acid · Long-lasting storage · PUFA · *n*-3 PUFA

F. Vacha (✉) · P. Vejsada · P. Hartvich
Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia
in Ceske Budejovice, 370 05 Ceske Budejovice, Czech Republic
e-mail: vacha@zf.jcu.cz

F. Vacha
Research Institute of Fish culture and Hydrobiology in Vodnany,
University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Vodnany, Czech Republic

J. Huda
The Fishery of Trebon, Ltd., Trebon, Czech Republic

Introduction

Since different methods of rearing and feeding can influence the fatty acid composition in cultured fish, it is possible to produce fish having higher nutritive value (Steffens 1997). Our investigations aimed to find the differences in the fatty acid content and expression in three test groups of pond fish, common carp (*Cyprinus carpio*), dependent on the rearing methods, in different cereals consumption with the intention to ensure the production of high-quality marketable fish.

Fatty acids build blocks for eicosanoids, which are precursors of hormones such as prostaglandins, and they are involved in the formation of cell membranes, in blood clotting, in wound healing and inflammation. They are termed 'essential' because humans need them to live a healthy life but cannot synthesise them.

High levels of *n*-3 polyunsaturated fatty acids in foodstuffs are favourable for human health (Singer 1997, 2000). There is no doubt that these fatty acids have anti-atherosclerotic effects. Cardiovascular diseases are a serious health risk in many highly developed countries. In Germany, e.g., they rank first among the significant causes of death. In 2003, 46.4% of deaths originated from ischaemic heart disease. There is evidence that these long-chain *n*-3 polyunsaturated fatty acids also have beneficial effects on several other diseases (Steffens 1997).

Material and methods

Fish were reared in four earthen ponds in the Nadej region, in the Fishery of Trebon, Czech Republic. The growing season began on March 2003, and the fish were fed supplementary cereals (maize wheat, triticale). The fish on supplementary feeding were compared with a control group that were fed natural food only. The genetic origins of the fish were identical, and the ages of the fish were also identical (3 years). The density of carp per hectare during the growing season was equal, 363 individuals. The average live weight of all fish was 1.13 kg.

Thirty individuals within each group were used for initial analytical purpose after fish harvesting in October. The fish were analysed for lipid content and fatty acid composition: saturated fatty acids (SFAs), mono-unsaturated fatty acids (MUFAs), polyunsaturated fatty acids (PUFAs), *n*-6, *n*-3, *n*-3/*n*-6, MUFA/SFA, PUFA/SFA, PUFA/MUFA in the fat of the fish flesh.

The fish were marked individually and placed in the storage pond for long-lasting storage after harvesting.

During the long-lasting storage, which lasted for 8 months, from October 2003 to May 2004, 60 samples of fish flesh were analysed. Fish were killed for analyses and descaled, and the particular, equal and identical upper part of the fish body along the lateral line was cut off and taken for analyses.

The Soxhlet system was used for determination of the fat content. The fatty acid composition was determined by gas-liquid chromatography (GLC) with Varian 3300 apparatus. Fatty acids for chromatographic determination were transferred to methylesters by re-esterification of fat petrol-ether solution using a methanol solution of potassium hydroxide. Fatty acid representation was specified by counting peak area proportion to total peak area for all acids determined.

Chromatography determination characteristics:

Characteristics	Value
Column	Omegawax 530. 30 m x 0.53 mm
Detector	Flame ionisation detector (FID)
Temperature	
column	170°C
injection	250°C
detector	250°C
Nitrogen flow	6 ml/min
Injection	1 µl

Statistical analyses

The influence of food source on composition of fish tissues was statically treated by one way analysis of variance (ANOVA). Differences of means were evaluated for significance by the range test of Tukey HSD ($P < 0.05$). Calculations were performed with the STATISTICA 6.0 software package.

Results

At the end of the rearing period in autumn 2003 the average live weight of carp in the control group that had been fed on natural food was 1,358.6 g. Live weight of carp in the test group that had been given maize supplementary feeding was 2,221 g; wheat supplementary feeding was 2,184.5 g. Live weight of carp in the test group that had been given triticale supplementary feeding was 1,892.3 g. The production data are shown in Table 1.

Total fat content

The supplemental feeding caused a particular influence both in the content and representation of fat. The flesh of the fish from the control group contained 1.76% of fat only. Flesh of fish on supplementary maize feeding contained the highest amount—13.26% of fat. Flesh of fish on supplementary wheat feeding contained 11.22% of fat; the flesh of fish on supplementary triticale feeding contained 9.72% of fat.

Table 1 The production data

Food source	Harvest		Live weight gain			Feed conversion ratio
	Number of fish	Total live weight (kg)	Total (kg)	Gain (kg/ per individual)	Gain (g per individual per day)	
Control group	598	831	103	0.172	1.31	0.00
Maize	950	2.147	1.030	1.084	8.27	3.15
Wheat	776	1.637	766	0.987	7.53	3.45
Triticale	986	2.071	903	0.915	6.98	3.77

Stone morocco (*Pseudorasbora parva*) were observed in the fish ponds during the period of fish culture

Fatty acids in fish flesh during long-lasting storage

In the evaluation of the fish in long-lasting storage for 8 months (without any feeding), the levels of PUFAs and *n*-3 PUFAs in the carp (coming from the initial cereal supplementary feeding) showed no substantial effect on their fat level and content during the time. The values are in Tables (Tables 2, 3, 4 and 5).

There was a slight decrease in the values of PUFAs and *n*-3 PUFAs in the group of fish cultured on natural food. The initial high value (32.55% of PUFAs and 11.44% of *n*-3 PUFAs in fat) slightly diminished during the 8 months.

The results and values, shown below, show the significantly higher influence of natural food in PUFA and *n*-3 PUFA content. The IPUFA content in the group of fish fed on natural food was on 47% higher than in those on maize supplementary feeding, and, subsequently, for the other groups, (wheat and triticale) the level of PUFAs in the control group was higher, 39% and 36%, respectively (Fig. 1).

Similar differences were monitored with regard to the *n*-3 PUFA content in the group fed on natural food, which was higher, at 22.5%, than the content of *n*-3 PUFAs in those on maize supplementary feeding. Wheat and triticale supplementary feeding gave differences of 30.4% and 27.9%, respectively (Fig. 2).

Our data are shown in Tables 2, 3, 4 and 5.

The statistical Tukey HSD test in the range of analyses of variance proved the influence on and the contribution of food to the content of PUFAs and *n*-3 PUFAs among the evaluated groups of fish during the long-lasting storage.

The significant difference was determined for PUFAs and *n*-3 PUFAs in the control group against maize, wheat and triticale feeding. (Tables 6 and 7)

Among groups of fish on cereal supplementary feeding the significant difference for maize supplementary feeding was proven (Tables 6 and 7) for both parameters.

Whiskers box graph with mean, standard error and standard deviation values proved the influence of cereal supplementary feeding on the content of PUFA *n*-3 ($P < 0.05$); control group 11.1 ± 1.47 versus maize 2.51 ± 0.36 , wheat 3.38 ± 0.44 , triticale 3.1 ± 0.39 (mean \pm SD) (Fig. 3).

Table 2 Content of fatty acids groups in fish flesh—natural food (percentage of fat)

Groups of fatty acids	Months							
	October 2003	November 2003	December 2003	January 2004	February 2004	March 2004	April 2004	May 2004
SFA	20.13	21.30	21.04	21.00	22.11	23.20	23.96	19.08
MUFA	37.88	41.27	36.91	37.19	41.22	39.02	45.19	46.98
PUFA	32.55	28.25	32.42	31.72	28.42	30.50	23.10	25.97
PUFA <i>n</i> -6	20.31	15.76	19.97	17.79	16.86	17.46	14.06	15.50
PUFA <i>n</i> -3	11.44	11.86	11.89	13.05	10.89	12.05	8.41	9.71
PUFA <i>n</i> -3/ <i>n</i> -6	0.56	0.75	0.60	0.73	0.65	0.69	0.60	0.63
MUFA/SFA	1.88	1.94	1.75	1.77	1.86	1.68	1.89	2.46
PUFA/SFA	1.62	1.33	1.54	1.51	1.29	1.31	0.96	1.36
PUFA/MUFA	0.86	0.68	0.88	0.85	0.69	0.78	0.51	0.55

Table 3 Content of fatty acids groups in fish flesh—maize supplementary feeding (percentage of fat)

Groups of fatty acids	Months							
	October 2003	November 2003	December 2003	January 2004	February 2004	March 2004	April 2004	May 2004
SFA	22.28	22.93	21.26	20.65	22.40	22.33	22.91	21.29
MUFA	60.39	63.00	57.81	61.66	61.99	60.27	59.22	59.57
PUFA	13.28	11.04	16.55	13.42	12.45	13.52	14.04	15.41
PUFA <i>n</i> -6	10.35	8.98	13.79	10.78	10.32	10.55	11.00	12.59
PUFA <i>n</i> -3	2.78	1.93	2.60	2.46	2.01	2.80	2.88	2.69
PUFA <i>n</i> -3/ <i>n</i> -6	0.27	0.21	0.19	0.23	0.19	0.27	0.26	0.21
MUFA/SFA	2.71	2.75	2.72	2.99	2.77	2.70	2.59	2.80
PUFA/SFA	0.60	0.48	0.78	0.65	0.56	0.61	0.61	0.72
PUFA/MUFA	0.22	0.18	0.29	0.22	0.20	0.22	0.24	0.26

Table 4 Content of fatty acids groups in fish flesh—wheat supplementary feeding (percentage of fat)

Groups of fatty acids	Months							
	October 2003	November 2003	December 2003	January 2004	February 2004	March 2004	April 2004	May 2004
SFA	25.47	22.34	26.76	22.93	25.87	24.32	26.82	21.86
MUFA	58.57	61.33	59.96	60.42	59.84	57.84	58.98	61.99
PUFA	11.70	11.88	10.01	12.63	10.98	13.59	10.40	12.14
PUFA <i>n</i> -6	8.09	7.86	7.26	9.01	7.89	9.41	7.05	8.50
PUFA <i>n</i> -3	3.45	3.83	2.63	3.46	2.93	4.00	3.24	3.50
PUFA <i>n</i> -3/ <i>n</i> -6	0.43	0.49	0.36	0.38	0.37	0.43	0.46	0.41
MUFA/SFA	2.30	2.75	2.24	2.64	2.31	2.38	2.20	2.84
PUFA/SFA	0.46	0.53	0.37	0.55	0.42	0.56	0.39	0.56
PUFA/MUFA	0.20	0.19	0.17	0.21	0.18	0.23	0.18	0.20

Table 5 Content of fatty acids groups in fish flesh—triticale supplementary feeding (percentage of fat)

Groups of fatty acids	Months							
	October 2003	November 2003	December 2003	January 2004	February 2004	March 2004	April 2004	May 2004
SFA	24.80	22.41	26.31	22.94	23.49	22.83	24.02	22.39
MUFA	60.04	63.28	61.26	61.72	62.89	63.57	61.61	61.00
PUFA	11.23	9.98	9.38	11.40	10.34	10.13	10.84	12.59
PUFA <i>n</i> -6	7.64	6.93	6.58	7.70	7.46	7.34	7.21	8.98
PUFA <i>n</i> -3	3.45	2.90	2.69	3.55	2.78	2.68	3.51	3.47
PUFA <i>n</i> -3/ <i>n</i> -6	0.45	0.42	0.41	0.46	0.37	0.36	0.49	0.39
MUFA/SFA	2.42	2.82	2.33	2.69	2.68	2.78	2.57	2.72
PUFA/SFA	0.45	0.45	0.36	0.50	0.44	0.44	0.45	0.56
PUFA/MUFA	0.19	0.16	0.15	0.18	0.16	0.16	0.18	0.21

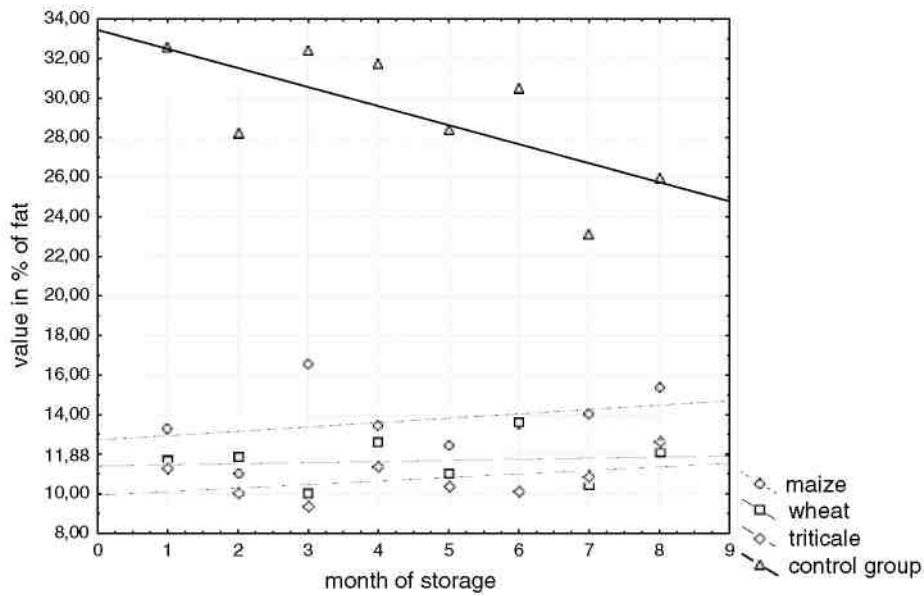


Fig. 1 Content of PUFA during long-lasting storage of common carp (course and dispersion of values)

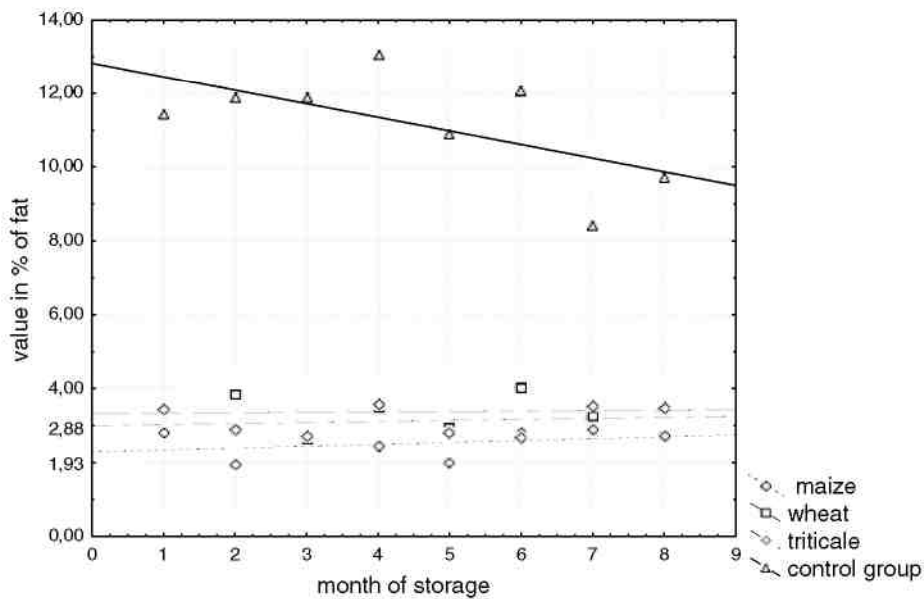


Fig. 2 Content of $n-3$ PUFA during long-lasting storage of common carp (course and dispersion of values)

Discussion

Fish are seen to be a very important source for meeting the demand for $n-3$ fatty acids in human nutrition. Like marine fish, freshwater fish also contain high levels of $n-3$ polyunsaturated fatty acids. This proves true for fish from natural waters as well as for fish from

Table 6 Tukey HSD test for *n*-3 PUFAs

Group		{1} 2.4043	{2} 1.2099	{3} 1.1335	{4} 0.9138
1	Control		0.000164 ^a	0.000164 ^a	0.000164 ^a
2	Wheat	0.000164 ^a		0.698238	0.001364 ^b
3	Triticale	0.000164 ^a	0.698238		0.019943 ^c
4	Maize	0.000164 ^a	0.001364 ^b	0.019943 ^c	

Values within columns with no common superscripts differ significantly (*P* < 0.05)

Table 7 Tukey HSD test for PUFAs

Group		{1} 2.4043	{2} 1.2099	{3} 1.1335	{4} 0.91384
1	Control		0.000164 ^a	0.000164 ^a	0.000164 ^a
2	Wheat	0.000164 ^a		0.453556	0.034539 ^b
3	Triticale	0.000164 ^a	0.453556		0.000921 ^c
4	Maize	0.000164 ^a	0.034539 ^b	0.000921 ^c	

Values within columns with no common superscripts differ significantly (*P* < 0.05)

aquaculture (Sykora and Valenta 1978, 1979; Steffens et al. 1989a, b, 1991a, b, 1992, 1993; Vacha and Tvrzicka 1994; Steffens and Wirth 1995, 1997; Füllner and Wirth 1996; Steffens 1997; Wirth and Steffens 1998; Hadjinikolova 2004; Jankowska et al. 2004).

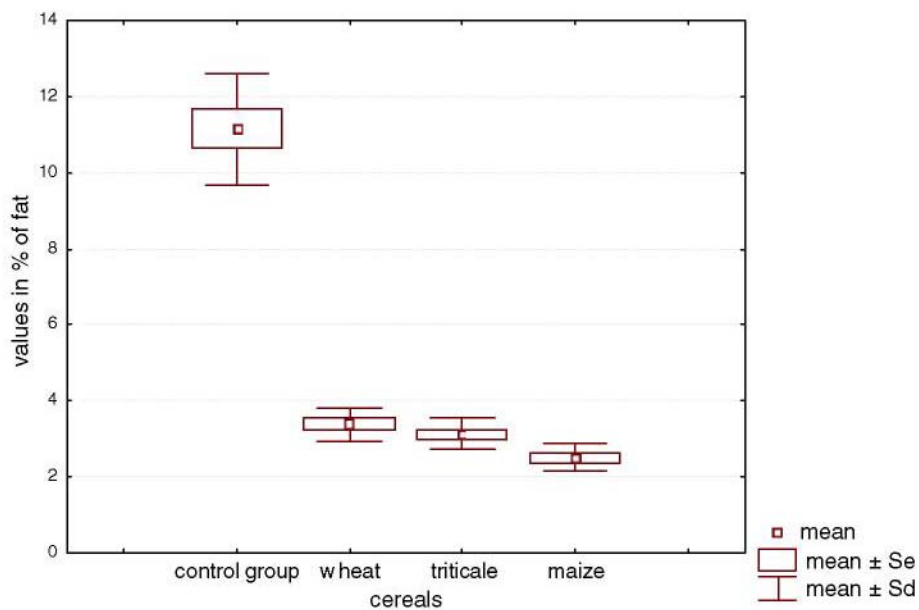


Fig. 3 Whiskers box graph Influence of food on PUFA content in fat

Eight months' storage of common carp provided important data describing the qualitative value in edible parts of the fish body. Long-lasting storage of fish may occur in large carp production that needs to be ready for market supply during the year and which has to build a proper logistic approach during longer time intervals.

The Tukey HSD test in the one way analyses of variance confirmed that the difference in higher content of PUFAs in the common carp control group on natural food compared with the groups of fish on supplemental cereal feeding was statistically important for the whole period of 8 months.

An evaluation of the statistical data also proved that the level of PUFAs and $n-3$ PUFAs is steady in the fish on cereal supplemental feeding. The test did not confirm the difference among each group of fish on cereals (wheat, triticale) to be statistically important. The Tukey HSD test of PUFA content among test groups and the control group of fish confirmed as statistically important the difference for higher content of PUFAs in favour of natural food.

The work ascertained the basic importance of common carp food consumption in relation to the content of biologically active substances in fish flesh and the role of the type of fish culture. The use of fish diets seems applicable to carp that are reared in ponds and fed supplementary grain to influence their quality for human nutrition and indicate linkage to market relations with fish supply.

Our present knowledge concerning the beneficial effects of $n-3$ polyunsaturated fatty acids on human health and the possibilities of varying the fatty acid composition of cultured fish by the administered diet should be utilised for the production of high-quality fish that can be recommended, for good reasons, as wholesome foodstuffs.

Acknowledgements This study was supported by the USB (University of South Bohemia) RIFCH No MSM 6007665809 and MSM 6007665806.

References

- Füllner G, Wirth M (1996) Der Einfluss der Ernährung auf Fettgehalt und Fettsäurezusammensetzung europäischer Welse (*Silurus glanis*). *Fett/Lipid* 98:300–304
- Hadjinikolova L (2004) The influence of nutritive lipid sources on the growth and chemical and fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Arch Pol Fish* 12:111–119
- Jankowska B, Zakes Z, Zmijewski T, Ulikowski D, Kowalska A (2004) Impact of diet on the fatty acids profile of European catfish (*Silurus glanis* L.). *Arch Pol Fish* 12:99–110
- Singer P (1997) Fisch gegen Herzinfarkt: Ein Ratgeber zur Vorbeugung und Behandlung von Herz-Kreislauf-Krankheiten durch essentielle Omega-3-Fettsäuren. Umschau Buchverlag Breidenstein, Frankfurt am Main, 157 pp
- Singer P (2000) Was sind, wie wirken Omega-3-Fettsäuren? 44 Fragen—44 Antworten. 3. Aufl. Umschau Zeitschriftenverlag Breidenstein GmbH, Frankfurt am Main, 216 pp
- Steffens W (1989) Principles of fish nutrition. Ellis Horwood Lim, Chichester, New York, Brisbane, 384 pp
- Steffens W (1997) Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture* 151:97–119
- Steffens W, Wirth M (1995) Süßwasserfische als Quelle essentieller Fettsäuren für die menschliche Ernährung. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes* 62:88–111
- Steffens W, Wirth M (1997) Cyprinids as a valuable source of essential fatty acids for human health: a review. *Asian Fish Sci* 10:83–90
- Steffens W, Lieder U, Mieth G, Friedrich M, Wirth M (1989a) Zum ernährungsphysiologischen Aspekt von Silber- und Marmorkarpfen unter besonderer Berücksichtigung ihres Fettgehaltes. *Ernährungsforschung* 34:41–44
- Steffens W, Lieder U, Mieth G, Wirth M, Friedrich M (1989b) Zur Wirkungsweise hochungesättigter Fettsäuren der $n-3$ -Reihe im Lipidstoffwechsel und der Bedeutung phytoplanktonfressender Cypriniden aus Binnengewässern als Eicosapentaensäure-reiche Nahrungsmittel. *Fortschr Fischereiwissenschaft* 8:9–18

- Steffens W, Lieder U, Wirth M, Mieth G (1991a) Die Bedeutung von Silber- und Marmorkarpfen als diätätische Nahrungsmittel zur Prophylaxe und Therapie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. *Fischer und Teichwirt* 42:70–71
- Steffens W, Lieder U, Wirth M, Mieth G (1991b) The importance of silver carp and bighead carp as dietetic foodstuffs for prophylaxis and therapy of cardiovascular diseases. *Fischerei-Forschung* 29:113–114
- Steffens W, Lieder U, Wirth M, Mieth G (1992) Znacenie tolstolobikov kak dieticeskoj pisci dlja profilaktiki i terapii serdecnosudistych boleznej. *Vopr Ichtiol* 32:180–182
- Steffens W, Wirth M, Mieth G, Lieder U (1993) Freshwater fish as a source of ω -3 polyunsaturated fatty acids and their application to human nutrition. In: Kaushik SJ, Luquet P (eds) *Fish nutrition in practice*. Biarritz, June 24–27, INRA, Paris, pp 469–474
- Sykora M, Valenta M (1978) Lipidy rybnicnich ryb celedi Cyprinidae. *Zivocisna Vyroba* 23:811–824
- Sykora M, Valenta M (1979) Lipidy nekterych ricnich ryb celedi Cyprinidae. *Zivocisna Vyroba* 24:867–880
- Vacha F, Tvrzicka E (1994) Polynenasycene mastne kyseliny a cholesterol v sladkovodnich rybach. *Sb. Ref. Ichtyol. Konf.* 4.-5. kvetna 1994, VURH Vodnany, pp 43–47
- Wirth M, Steffens W (1996) Zum Fettstoffwechsel von Speisekarpfen bei der Aufzucht auf Naturnahrungsbasis und mit Getreidezufütterung. *Fischer und Teichwirt* 47:270–272
- Wirth M, Steffens W (1998) Seasonal changes in lipid content and fatty acid composition of vendace (*Coregonus albula*) and its plankton food. *Arch Hydrobiol Spec Issues Adv Limnol* 50:143–150

8 Použitá literatura

1. AHLGREEN G., BLOMQVIST P., BOBERG M., GUSTAFFSON I., 1994. Fatty acid content of the dorsal muscle - an indicator of fat quality in freshwater fish. *Journal of Fish Biology*, vol. 45, 1, 131.
2. AHLGREEN G., SONENSTEN L., BOBERG M., GUSTAFSSON I.B., 1996. Fatty acids content of some freshwater fish in lakes of different trophic levels a bottom up effect? *Ecol. Freshwat. Fish.* vol. 5, 1, 15-27.
3. ALBRECHT R.M., CLARK L.D., ALEMAN P.M., 1999. Rapid method for Biogenic Amines Evaluation in Fish Meal. *J. Aquat. Food Prod. Technol.*, 8, 71-83.
4. APPELBAUM S., 1980. The influence of flavouring of food on the ingestion by rainbow trout. *Arch. Fischereiwiss.* 21-27.
5. BANG HO, DYERBERG J, HJORNE J 1976. Composition of food consumed by greenland eskimos. *Acta medica scandinavica.* 1-2, 69 – 73
6. BASARAJAVA N., RAO G.P.S., VARGHESE T.J., 1988. Effect of feeding 17 alpha methyltestosterone on the proximate composition and organoleptic characteristics of the flesh of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Environ. Ecol.* 6, 1, 19-26.
7. BELL J. G., 1998. Current aspects of lipid nutrition in fish farming. In: *Biology of Farmed Fish*. Blafli K D & Pickering A.D eds, Academic Press, Sheffield, UK, 114-146.

8. BETT K.L., JOHNSEN P.B., WEBSTER C.D., TIU L.G.-XIONG Y.L., DECKER E.A., 1998. Sensory and chemical evaluation of sunshine bass (*Morone chrysops x Morone saxatilis*) fillets during frozen storage. J. Appl. Aquacult. 8, 58-68.
9. BIENIARZ K., KOLDRAS M., KAMINSKI J., MEJZA T., 2000. Fatty acids and cholesterol in some freshwater fish species in Poland. Folia Univ. Agric. Stetin, vol. 27, 21-44.
10. BUCHTOVÁ H. 2001. Hygiena a technologie zpracování ryb a ostatních vodních živočichů. Alimentární onemocnění z ryb. Mrazírenství Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Fakulta veterinární hygieny a ekologie. Ústav hygieny a technologie masa. Brno, 24-27.
11. BUCHTOVA H, SVOBODOVA Z, KRIZEK M, VACHA F, KOCOUR M, VELISEK J., 2007. Fatty acid composition in intramuscular lipids of experimental scaly crossbreds in 3-year old common carp (*Cyprinu carpio* L.). Acta Vet Brno, 76, 73-81.
12. BURDGE G.C., WOOTTON S.A., 2002. Conversion of sloha-linolenic acid to eikosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acids in young women. Br. J. Nutr., 88 (4), 411-20.
13. CALDER P. C., 2004. Long-chain n-3 fatty acids and cardiovascular disease: further evidence and insights. Nutrition Research, 24, 761-772.
14. CARLIER, H., BERNARD, A., CASELLI, C., 1991. Digestion and absorption of polyunsaturated fatty acids. Reprod. Nutr. Dev., 31, 475 – 500.
15. CAVE, W., T., J., 1991. Dietary n-3 (omega-3) polyunsaturated fatty acid effects on animal tumorigenesis. FASEB J., 5, 2160 – 2166.

16. CELIK M., 1991. The effect of physical exercise on the content of omega-3-fatty acid and sensoric quality properties of the fillet weight, total fat and total protein content. 202.
17. CEPEDA R.Jr. BRACHO G. HAARD N., 1990. An immunological method for measuring collagen degradation in the muscle of fish. *Advances in Fisheries technology and Biotechnology for Increased Profitability*. Voight, M.N., Botta, J.R. eds. 487-506.
18. ČÍTEK J., KRUPAUER V., KUBŮ F., 1998. *Rybníkářství* 3. vyd., Informatorium, Praha, 232-249.
19. CONNOR W.E., 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71 (suppl.), 171-175.
20. CORRAZE G., BRAUGE C., MEDALE F., 1993. Effect of non protein energy sources on lipid and fatty acid composition of the muscle of rainbow trout reared in sea water. *From Discovery to Commercialization*. 218.
21. COWEY, C. B., TACON, A. G. J., 1983. „In proceeding of the second international conference on Aquaculture nutrition: Biochemical and physiological approaches to shellfish nutrition“ (G. D. Pruder, C. J. langdon, D.E. Conklin eds.), Louisiana State University, Division of continuing education, Baton Rouge., 13.
22. CSENGERI I, FARKAS T, MAJORKA F, OLAH J, SZALAY M., 1978. Effect of feeds on the fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquacult Hung*, 1, 24-34.
23. CSENGERI I., 1996. Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. *Arch. An. Nutr.*, 49, 73-92.

24. DE DECKERE E.A.M., KORVER O., 1988. Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant marine origin. *Eur. J.Clin.Nutr.*, 52, 749-753.
25. DEMAISON L., MOREAU D., 2002. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and coronary heart disease-related mortality: a possible mechanism of action. *Cell. Mol. Life Sci.* 59, 463-477.
26. ELIÁŠOVÁ V., DOMORÁKOVÁ I., 1999. Ryby, rybí olej od fikcí ke skutečnosti. *Ateroskleróza*, 3(3), 173-178.
27. FAERGEMAND J. RONSHOLDT B. ALSTED N., BORRESEN T., 1995. Fillet texture of rainbow trout as affected by feeding strategy, slaughtering procedure and storage post mortem. *Nutritional Strategies and Management of Aquaculture Waste*. Cowey, C.B. 225-231.
28. FAJMONOVA E, ZELENKA J, KOMPRDA T, KLADROBA D, SARMANOVA I. 2003. Effect of sex, growth intensity and heat treatment on fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) fillets. *Czech J Anim Sci*, 48(2), 85-92.
29. FARKAS T, CSENGERI I, MAJORKA F, OLAH J. 1978. Metabolism of fatty acids in fish. II. Biosynthesis of fatty acids in relation to diet in the carp, *Cyprinus carpio Linnaeus 1758*. *Aquaculture*, 14, 57-65.
30. FARKAS T. 1970. The dynamics of fatty acids in the aquatic food chain, phytoplankton, zooplankton, fish. *Ann Biol Tihany*, 37, 165-176.
31. FARKAS T., CSENGERI I., 1976. Biosynthesis of fatty acids by thai carp, (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), in relation to environmental temperature. *Lipids*, vol. 11, 401-407.

32. GERI G., POLI B., GUALTIERI M., LUPI P., PARISI G., 1995. Body trakte and chemical composition of muscule in the carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), as influenced by age and rearing environment. *Aquaculture*, 129, 329-333.
33. GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P., MÉTAILLER R., 2001. *Nutrition and Frediny of Fish and Crustaceans*. 1st ed., Chichester: Praxi Publishing Ltd., 408.
34. GUILLOU A., SOUCY P., KHALIL M., ADAMBOUNOU L., 1995. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*. 351-362.
35. HALVER J. E., 1989. *Fish Nutrition*. 2nd ed. San Diego: Academic press Inc., 789.
36. HARRIS W. S. 1989. Fish oil and plasma – lipid and lipoprotein metabolism in humans: A critical review. *Journal of Lipid Research*, 30, 785-807.
37. HENDERSON R J, TOCHER D R, 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progress in lipid research*, 26, 281-347.
38. HORROBIN, D. F., 1995. Medical role of metabolite of precursor EFA. *INFORM*, 6, 1995, 4, 187 – 188.
39. INGR I, 2004. *Jakost a zpracování ryb*. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita Brno. 102.
40. INGR, I. 1994. *Hodnocení a zpracování ryb*. VŠZ v Brně, 42-47.
41. ITAKURA, H., 1993. Dietary treatment of atherosclerosis. *Nippon Rinsho*, 1993, 51, 2086 – 2094.

42. JELÍNEK P., KOUDELKA K., 2003. Fyziologie hospodářských zvířat. 1. vyd. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 414.
43. JIRASEK J., MARES J., ZEMAN L., 2005. Potreba živin a tabulky vyzivne hodnoty krmiv pro ryby. (Nutritional needs and tables of nutritional value for fish). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 69.
44. JOBLING M, 1998. Feeding and nutrition in intensive fish farming. In: Biology of Farmed fish. Blafł K D & Pickering A D eds, Academic Press, Sheffield, UK, 67-114.
45. JONSEN F, HILLESTAD M, AUSTRENG E. 1993. High energy diets for salmon. Effects on pollution. In: Fish Nutrition in Practice, Kaustik S J & Luquet P eds, Proceedings of the Intern Sym on Fish Nutrit and Feeding, Biarritz, France, 391-401.
46. KALACĀ P., ŠPIČKA J., 2006. Složení lipidů sladkovodních ryb a jejich význam v lidské výživě, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 57.
47. KIESSLING A, PICKOVA J, JOHANSSON L, ASGARD T, STOREBAKEN T, KIESSLING K. H, 2001. Changes in fatty acid composition in muscle and adipose tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chem., 73:271-284.
48. KIM K. S., LEE E. H., 1986. Food components of wild cultured fresh water fishes. Bull. Korean fish. Soc., 19, 195-211.
49. KINSELLA J. E., SHIMP J. L., MAI J., 1978. The proximate and lipid composition of several species of freshwater fishes. N.Y. Food and Life Sci. Bull., 1, 69, 1-20.
50. KMÍNKOVÁ M., WINTEROVÁ R., KUČERA J. 2001. Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. Czech J. Food Sci., 19, 177 – 181.

51. KOLLÁR J., 2002. Obezita, primární rizikový faktor. 7.část : Mastné kyseliny a metabolický syndrom. Ateroskleróza, 6(3), 189-207.
52. LEE H.E., CHUNG B.G., KIM J.S., AHN C.B., JOO D.S.; OH K.S., 1989. Studies on the food components of triploid carp muscle. Bull. Korean Fish Soc. vol. 22, 3, 161-168.
53. LIN D., MAO Y., LIAO X., 1989. Improvement of meat quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). Fish Nutrition Research in Asia Proceedings of the third Asian Fish Nutrition Network Meeting. 25-32.
54. LUZZANA U., SERRINI G., MORETTI V.M., GIANESINI C., VALFRE F., 1994. Effect of expanded feed with high fish oil content on growth and fatty acid composition of rainbow trout. Aquaculture int. 239-248.
55. MAMBRINI, M., KAUSHIK S. J., 1995. J. Appl. Ichthyol. 163, 137.
56. MARES J, WOGNAROVA S, SPURNY P., 2004. Konzumní hodnota sumce velkého (*Silurus glanis L.*) z podmínek intenzivního chovu (Consumption value of European wels from intensive aquaculture). In: Vykusova B ed, Ceska ichtiologicka konference, Vodnany, 255-258.
57. MARES J., 2005. Složení rybiho masa a nektere zdravotni aspekty jeho konzumace (Content of fish flesh and healthy aspects of its consumption). Potravinarska revue, 2 (1), 20-25.
58. MONTERO P., BORDERIAS J., 1989. Distribution and hardness of muscle connective tissue in hake (*Merluccius merluccius*) and trout (*Salmo irideus Gibb.*). Z. Lebensmittel unters. Forsch. 1, 530-533.
59. MØRKØRE T, HANSEN A, UNANDER E, EINEN O., 2002. Composition, liquid leakage, and mechanical properties of farmed rainbow trout: Variation between fillets sections and the impact of ice and frozen storage, J of Food Sci, 67, 1933-1938.

60. MORRIS C.A., HAYNES K.C., KEETON J.T., GATLIN D.M., 1995. Fish oil dietary effects on fatty acid composition and flavour of channel catfish. *J. Food Sci.* 60, 1225-1227.
61. MOUREK J., 2007. *Mastné kyseliny omega -3 zdraví a vývoj.* Praha, 174.
62. MUSKIET F.A.J., FOKKEMA M.R. et al., 2004. Is docosahexaenoic acid (DHA) essential? Lessons from DHA status regulation, our ancient diet, epidemiology and randomised controlled trials. : *J.Nutr.*, 134, 159-164.
63. NANDEESHA,M.C., SRIKANTH,G.K., BASAVARAJA,K., KESHAVANANTH,P., VARGHESE,T.J., BANO,K., RAY,A.K., KALE,R.D., 1988. Influence of earthworm meal on the growth and flesh quality of common carp. *Biol. Wastes.*, no. 3, 189-198.
64. NRC (National Research Council) (1993) *Nutrient requirements of fish.* National Academy Press, Washington, DC, USA, 495.
65. PERES H, OLIVA-TELES A, 1999. Influence of temperature on protein utilization in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 179, 337-348.
66. POKORNÝ J, 1995. *Atlas kaprů chovaných v České republice*, Victoria Publishing Praha, 125.
67. POKORNÝ J., 2004. *Veliký encyklopedický rybářský slovník.* Nakladatelství Fraus, Plzeň, 283-304.
68. POKORNÝ J., 1993. *Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti.* ÚZPI Praha. 196.
69. RECCE O. W., 1998. *Fyziologie domácích zvířet.* 1. vyd Praha: Grada Publishing, 456.

70. RONDÁN M., HERNÁNDEZ M., D., EGEA M., A., GARCÍA B., RUEDA F., M., MARTÍNEZ F.J., 2004. Effect of feeding rate on fatty acid composition of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture Nutrition*, 10, 5, 301.
71. RUNGE C., STEINHART H., SCHWARZ F. J., KIRCHGESSNER M., 1987. Influence of different fast with varying addition of α -tocopheryl acetate on the fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) *Fat Sci. Technik.*, 89, 389-393.
72. RUNGE, G. 1989. On the influence of tocochromanols, fatty acids and sulphur compounds with an aromatic effect in carp by biologische Massnahmen.
73. SARGENT J, BELL G, MCEVOY L, TOCHER D, ESTEVEZ A., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture* 177, 1-4, 191-199.
74. SARGENT J. R, 1997. Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition*, 78: 5-13.
75. SARGENT J. R, TOCHER D. R, BELL J. G., 2002. The lipids in fish nutrition, 3rd ed. (Halver JE, ed Academic press, San Diego, 181-257.
76. SHERIDAN M A, FRIEDLANDER J K L, ALLEN W V. 1985. Chylomicra in the serum of postprandial steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *Comp Biochem Physiol*, 81B, 281-284.
77. SMITH, R.R., KINCAID, H.L., REGENSTEIN, J.M., RUMSEY, G.L. 1998. Growth, carcass composition, and taste of rainbow trout of different strain fed diets containing primarily plant or animal protein. *Aquaculture*. 309-321.
78. STEFFENS W., 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151, 97-119.

79. STEFFENS W., WIRTH M., 2005. Influence of nutrition on the fatty acid composition of pond fish: carp and tench. New challenges of pond aquaculture - Book of abstracts, 68.
80. STEFFENS W., WIRTH M., FUELLNER G., READER J. 1998. Fatty acid composition of tench (*Tinca tinca* L.) under different nutritional conditions. *Pol-skie-Archiwum-Hydrobiologii; Polish-Archives-of-Hydrobiology*, 45, 3, 353-359.
81. STEFFENS, W. 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151, 1-4, 97-119.
82. SURETTE M.E., EDENS M., 2004. Dietary echium oil increases plasma and neutrophil long-chain (n-3) fatty acids and lowers serum triacylglycerols in hypertriglyceridemic humana. *J. Nutr.* 134, 1406-1411.
83. SÝKORA M., VALENTA M., 1978. Lipidy rybníčních ryb čeledi *Cyprinidae*. *Živ. Výt.*, 23, 811-824.
84. TAKEUCHI T., 1996. Essentials fatty acid requirements in carp. *Arch. An. Nutr.*, 49, 23-32.
85. TAKEUCHI T., WATANABE T., 1977. Requirement of carp for assential fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 43, 451-551.
86. TAKEUCHI T., WATANABE T., 1982. The effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of car pand rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 48, 1307-1316.
87. TAKEUCHI T., WATANABE T., SATOH S., IDA T., YAGUCHI M., 1987. Change in proximate and fatty acid cimposition of carp fed low protein – high energy diets due to starvation dutiny winter. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1425-1429.

88. TAKEUCHI, T., WATANABE, T., OGIONO, C., 1978. Use of hydrogenated fish oil and beef tallow as a dietary energy source for car pand rainbow trout. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., vol. 44, 875-881.
89. TESKEREDZIC,Z.; PFEIFER,K., 1986. The meat quality of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) cultured in the brakish water. Acta. Biol. Ingosl. E. Ichtyol. 1986, 15-22.
90. TESTI S., BONALDO A., GATTA P. P., BANDIANI A. 2006. Nutritional traits of dorsal and ventral fillets from three fish species. Food Chemistry, 98, 104-111.
91. TOCHER D. R., DICK J.R., 2001. Effects of Essentials fatty acid deficiency and supplementation with docosahexaenoic acid (DHA; 22:6 n-3) on cellular fatty acid compositions and fatty acyl desaturation in e cell culture model. Prostaglandins, Leukotrienes and Essentials Fatty Acids, 64, 11-22.
92. TOCHER D. R., DICK J.R., 1999. Polyunsaturated fatty acid metabolism in a cell culture model of Essentials fatty acid deficiency in a freshwater fish, carp (*Cyprinus carpio*). Fish Physiol. Biochem., 1999, 21, 257-267.
93. TOCHER D. R., DICK J.R., 2000. Essentials fatty acid deficiency in freshwater fish: The effects of linolei, sloha-linolenic, gamma-linolenic and stearidonic acids on the metabolisms of (1-C-14) 18:3 n-3 in a carp cell culture model. Fish Physiol. Biochem., 22, 67-75.
94. UAUY R., MENA P., 2001. Lipids and neurodevelopment. Nutrition Reviews, 59(8), 34-45.
95. VACHA F, VEJSADA P, HUDA J, HARTVICH P., 2007. Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquacult Int, 15, 321-329.

96. VÁCHA F., 1996. Kvalitativní parametry masa sladkovodních ryb. Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH. Ed. Flašjhans, M., Vodňany, 169-174.
97. VÁCHA F., 2000. Zpracování ryb. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 25.
98. VÁCHA F., TVRZICKÁ E., 1995. Content of polyunsaturated fatty acids and cholesterol in muscle tissue of tench (*Tinca tinca*), common carp (*Cyprinus carpio*) and hybrid of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). Pol. Arch. Hydrobiol., 42, 151-157.
99. VAN-DER-PLOEG M., TUCKER C.S., 1993. Seasonal trends in flavour quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial ponds in Mississippi. J. Appl. Aquacult., 3, 1-2, 121-140.
100. VANRAAIJ MTM, 1994. The level and composition of free fatty-acids in the plasma of fresh – water fish in a post absorptive condition. Comparative biochemistry and physiology A-physiology. 109, 4, 1067-1074.
101. VANSCHOONBEEK K., DE MAAT M.P.M., 2003. Fish oil consumption and reduction of arterial disease. J. Nutr. 133, 657-660.
102. VELÍŠEK, J. 2002. Chemie potravin. 2002, 2. vyd., vydalo nakladatelství OSSIS, 74 – 83.
103. VIEGAS E.M.M., GUZMAN E.C. 1997. Sensorial evaluation of tambaqui fillets (*Colossoma macropomum*) fed with diets containing three different lipid sources. Bol. Inst. Pesca, Sao Paulo. 255-260.
104. VIOLA S., AMIDAN G. 1980. Observations on the accumulation of fat in carp and sarotheredon (tilapia) fed oil – coated pellets. Badmidgeh, 32 (2), 33 – 40.

105. VIOLA S., ARIELI Y., WINTERFELD R., LAZAR M., COGAN U., MOKADY S., 1990 Effects of N 3 fatty acid supplementation on storage stability and taste of carp and tilapia. *ISR. J. Aquacult. Bamidgeh.* 42, 56-57.
106. VOLDŘICH M. DOBIÁŠ J., 1991. Nutriční význam rybího tuku a jeho změny během zpracování ryb. *Průmysl potravin,* 42, 6, 280 - 282.
107. WATANABE T, TAKEUCHI T, OGINO C., 1979. Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Proceedings of the world Symposium on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg, Germany,* 113-125.
108. WATANABE T., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comparative biochemistry and physiology biochemistry and molecular biology,* 73, 1, 3 -15.
109. WATANABE T., TAKEUCHI T., WADA M. 1981. Dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.,* 47, 1585-1590.
110. WEBSTER C.D., TIDWELL J.H., GOODGAME, L.S., 1993. Growth body composition and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distillers grains with solubles. *Prog. Fish. Cult.* 55, 2, 95-100.
111. WIRTH M., STEFFENS W. 1996. Zum Fettstoffwechsel von Speisekarpfen bei der Aufzucht auf Naturnahrungsbasis und mit Getreidezufütterung. *Fischer und Teichwirt,* 47:270-272.
112. YAMADA T, STRONG JP, ISHII T, UENO T, KOYAMA M, WAGAYAMA H, SHIMIZU A, SAKAI T, MALCOM GT, GUZMAN MA, 2000. Atherosclerosis and omega – 3 fatty acids in the populations of a fishing village in Japan. *Atherosclerosis.* 153. 2. 469-481.

113. YINGST, W. L. – STICKNEY, R. R. 1979. The effect soft dietary of lipids on fatty acid composition of channel catfish fry. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 108: s. 610 – 625.
114. YU T. C., SINHUBER R.O., PUTNAM T., 1977. Effects of dietary lipids on fatty acid composition of body lipids in rainbow trout. *Lipids*, 12. 495 – 499.
115. ZELENKA J, FAJMONOVA E, KOMPRDA T, KLADROBA D, SARMANOVA I, 2003. Effect of dietary linseed and sunflower oil on cholesterol and fatty acid contents in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Czech J of Anim Sci*, 48 (8):321-330.
116. ZHAO Z, LIN K, ZHANG Y, XU, J, 1994. Evaluating the growth of *Cyprinus carpio* and the nutritional value of formulated feed by RNA/DNA ratio. *J. Fish. China Shuichan Xuebao*. 18, 4, 257-264.

PUBLIKACE VZTAHUJÍCÍ SE K TÉMATU PRÁCE

2007

Vejsada, P., Vácha, F., Hartvich, P., 2007. Vliv příkrmovaných obilovin v poloprovozních podmínkách na zastoupení polynenasycených mastných kyselin v mase kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Influence of additional cereals on spectrum of polyunsaturated fatty acids of common carp *Cyprinus carpio* in semiindustrial condition. IX. Konference mladých vědeckých pracovníků s mezinárodní účastí. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, ISBN 978-807305-012-2, 2007, 181-184.

Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J., Hartvich, P., 2007. Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquacult Int.*, ISSN 0967-6120, 15:321-329. (IF 2006 = 0,943)

Vácha, F., Vejsada, P., Zpracování sladkovodních a mořských ryb. 2007. DVD

2006

Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J., 2006. Krmné obiloviny ve vztahu k senzoričným vlastnostem masa kapra (*Cyprinus carpio*). Cereal additional feeding in relation to organoleptic characteristic of common carp flesh. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 2006, 42(3): 101- 104.

Vácha, F., Vejsada, P., 2006. Senzorické vlastnosti masa kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Organoleptic characteristic of common carp (*Cyprinus carpio*) flesh. Jihočeská univerzita, Agregion 2006, Sekce: Zdraví a kvalita produkce zvířat., České Budějovice, ed. Zedníková, J., ISBN 80-7040-869-3, 2006, s. 189-192.

Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J., 2006. Krmné obiloviny ve vztahu k senzoričným vlastnostem masa kapra (*Cyprinus carpio*). Vztah vodního prostředí, technologie chovu a kvality masa tržního kapra. Agregion, poster,

Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J., Hartvich, P. 2006. Hodnocení kvality kapřího masa. Sborník referátů. Konference o rybářství, Třeboň, ed. Bolha, P., Hausel. J., 78-94.

2005

Vejsada, P., Vácha, F., Hůda, J. 2005. Influence of cereal feed on fat content in common carp (*Cyprinus carpio*) flesh. Sborník příspěvků studentů DSP, Jih. univ. v Č. Budějovicích, Zem. fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 121-127.

Vejsada, P., Vácha, F., Hůda, J. 2005. Influence of cereal additional feeding to organoleptic characteristics on common carp (*Cyprinus carpio*) flesh. New Challenges in Pond Aquaculture. Inter. conference, Univ. of South Bohemia, České Budějovice, poster, 2005.

2004

Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J. 2004. Vliv příkrmovaných obilovin na organoleptické vlastnosti masa kapra obecného. (Influence of ceral additional feed to organoleptic characteristic of common carp (*Cyprinus carpio*) flesh.), Coll. of Sci. Papers, Faculty of Agric. in České Budějovice, Series for Anim. Sci., ISSN 1212-558X, 21, 1, s. 157-164.

Vácha, F., Hamáčková, J., Kouřil, J., Vejsada, P. 2004. Vliv anestetika 2-phenoxyethanol na organoleptické vlastnosti masa tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*). (Anaesthetic 2-phenoxyethanol influence on organoleptic characteristics of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) flesh.), VII. Česká ichtyologická konference, Ed. Vykusová, B., Vodňany, ISBN 80-85887-50-9, s.151-154.

Vejsada, P., Vácha, F., Kouřil, J. 2004. Vliv anestetika hřebíčkového oleje na organoleptické vlastnosti masa tilapie nilské (*Oreochromis niloticus*). (Anaesthetic clove oil influence on organoleptic characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) flesh.), Sborník příspěvků studentů DSP, Jih. univ. v Č. Budějovicích, Zem. fakulta, ISBN 80-7040-677-1, s. 251-256.