

ZMĚNY VE SLOŽENÍ RYBÍ SVALOVINY U RYB CHOVANÝCH V PROSTŘEDÍ SINIC VODNÍHO KVĚTU

Muscle compositions changes at fish reared in cyanobacteria water blooms environment

KOPP, R., MAREŠ, J., KRÁČMAR, S., TICHÝ, T., NAVRÁTIL, S., HLÁVKOVÁ, J., FIALOVÁ, M., ZIKOVÁ A.

ABSTRACT

The object of this work was to verify cyanobacteria water blooms influence on muscle composition of common carp (*Cyprinus carpio*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) reared in natural conditions without additional feeding. Experimental fish were placed into the metal cages in store-pond with cyanobacteria water blooms (genus *Microcystis*) for 28 respectively 65 days. Control fish were placed to the metal cages in store-pond without cyanobacteria water blooms. Indices of chemical muscle composition (dry matter, proteins, fat and ash matter), contents of fatty acids (FA) and amino acids (AA) were used for interpretation of the experiment. Common carp reared in cyanobacteria water blooms reflected no significant changes of chemical muscle composition indices compared to control group. Muscle composition changes of silver carp were more expressive. The increase of total fat, dry matter and weight of silver carp cultivated in cyanobacteria were significantly higher ($p \leq 0,01$) compared to control group. Contents of fatty acids and amino acids were also significantly changed. Water blooms of cyanobacteria present indispensable part of feeding contents of silver carp. Cyanobacteria water blooms influence to the changed muscle composition of silver carp is so expressive in comparison with common carp that do not digest cyanobacteria water blooms at all.

ÚVOD

Chemické složení svaloviny ryb se u jednotlivých druhů mění ve vztahu k velikosti ryby a podmínkám životního prostředí. Důležitou roli hraje množství a druh přijímané potravy. Sinice vodního květu jsou dominantní složkou fytoplanktonu eutrofních vod a jejich metabolity mohou rybí organizmus ovlivňovat (Malbrouck a Kestemont, 2006). Sinice v závislosti na podmínkách prostředí produkují množství biologicky aktivních látek. K zhodnocení specifického rizika sinic je nutné rozumět jejich chemickým a fyzikálním vlastnostem a monitorovat jejich výskyt ve vodách užívaných člověkem (Chorus et al., 2000).

Chemické složení sinic a řas je značně závislé na podmínkách prostředí a výrazně se liší i mezi jednotlivými druhy. Sinice rodu *Microcystis* jsou poměrně bohaté na některé mastné kyseliny (16:0, 16:1, 18:3 18:4), jejich celkový obsah je však nižší než u zelených řas a rozsivek (Ahlgren, 1992; Dunstan a kol., 1994). Spektrum aminokyselin je u sinic i řas podobné. Jejich obsah kolísá v širokém rozmezí (14-61 % sušiny) v závislosti na druhu a podmínkách prostředí (Ahlgren 1992).

Využití sinic rodu *Microcystis* v potravě tolstolobika bílého je pro jejich nízkou stravitelnost pochybné. Rozsivky, skrytěnky a zvláště zooplankton jsou jako potrava hodnotnější (Domaizon a kol., 2000). U ryb, které jsou schopny sinice účinně trávit (*Oreochromis niloticus*) jsou sinice jako hlavní složka potravy použitelné (Tadesse a kol., 2003; Takeuchi a kol., 2002).

Složení lipidů ve svalovině tilapie (*Oreochromis niloticus*) přijímající v potravě sinici *Spirulina platensis* se měnilo v závislosti na jejím spektru mastných kyselin (Takeuchi a kol., 2002). Změny chemického složení svaloviny tolstolobika bílého přijímající v potravě sinice závisí na míře stravitelnosti sinicové populace, která je nejnižší v období exponenciálního růstu sinic (Domaizon a kol., 2000).

MATERIÁL A METODIKA

K experimentům byla použita násada tolstolobika bílého (*Hypophthalmichthys molitrix*) a plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Před začátkem a po skončení pokusů byly zjištěny základní délkohmotnostní charakteristiky pokusných ryb. Experimenty s rybami byly prováděny na sádkách Rybníkářství Pohořelice a.s. Ryby byly umístěny do kovových klecí (1 m²) po dobu 65 dnů (srpen až říjen) bez příkrmování. Do dvou klecí byla nasazena násada tolstolobika bílého (60 ks/klec o průměrné kusové hmotnosti 201 g) a do dvou plůdek kapra obecného (60 ks/klec o průměrné kusové hmotnosti 125 g). Dvě klece byly umístěny v sádce s přirozeným výskytem vodních květů sinic (*Microcystis aeruginosa*, *M. ichthyoblabe* a *M. viridis*), druhé dvě sloužily jako kontrolní a byly umístěny do sádky bez výskytu vodních květů sinic.

V průběhu experimentu byly v týdenních intervalech sledovány základní fyzikálně-chemické parametry vody. Zjišťována byla koncentrace O₂, procentuální nasycení vody kyslíkem, pH, teplota vody, vodivost, množství N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺ a průhlednost.

Ve všech populacích fytoplanktonu bylo stanoveno kvalitativní i kvantitativní zastoupení jednotlivých taxonů sinic a řas (1x týdně). Ke kvantitativnímu stanovení sinic a řas, které má určitá specifika, byla využita jedna z nejčastěji používaných metod, založená na mikroskopickém počítání buněk v počítacích komůrkách (Bürker) a stanovení chlorofylu a.

Populace sinic byly odeslány k stanovení toxicity do výzkumného centra MU, RECETOX (Research Centre for Environmental Chemistry and Ecotoxicology), kde byly zjišťovány hladiny microcystinů.

V přibližně měsíčním intervalu (po 28 a 65 dnech) byly odebírány vzorky svaloviny 10 ryb z obou sledovaných druhů zchlazená a přepravena do laboratoře k provedení požadovaných analýz. Pro vyhodnocení experimentu byly použity standardní ukazatele chemického složení svaloviny (sušina, obsah proteinů, tuků a popelovin), spektrum aminokyselin (AA) a mastných kyselin (FA). Analýzy svaloviny byly provedeny ze vzorku levých filet bez kůže. Obsah lipidů byl stanoven metodou dle Soxhleta s 12h extrakcí diethyleterem. Spektrum mastných kyselin bylo stanoveno na plynovém chromatografu HP 4890D po extrakci směsí methanolu a chloroformu (Folsch a kol., 1957).

Vzorky pro stanovení aminokyselin byly hydrolyzovány oxidativně kyselou hydrolyzou HCl ($c = 6 \text{ mol.dm}^{-3}$). Vlastní stanovení aminokyselin bylo provedeno na AAA 400 (f. INGOS Praha) pomocí sodnocičtrátových pufrů a ninhydrinovou detekcí (Kráčmar *et al.*, 1998). Metody vychází ze směrnice Official Journal (1978).

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny (ANOVA) za využití statistického programu Unistat 5.1. Výsledky byly posuzovány vícefaktorovou analýzou rozptylu, kdy jako hlavní faktor byla posuzována přítomnost sinic a jako kovariáta bylo posuzováno časové hledisko.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Základní fyzikálně-chemické parametry

Sledované hydrochemické parametry se s výjimkou hodnoty pH (nasyčení vody kyslíkem, teplota vody, průhlednost, vodivost, množství N-NO_2^- , N-NO_3^-) pohybovaly v rozmezí optimálních hodnot pro uvedené druhy ryb.

Hodnota pH byla především v pokusných nádržích díky intenzivní fotosyntéze sinic vysoká, byly zjištěny i hodnoty nad pH 10. Takto vysoké hodnoty jsou v průběhu vegetačního období na lokalitách s výskytem sinic vodního květu běžné. V ojedinělých případech docházelo k mírnému zvýšení hodnot amoniaku nad max. přípustnou hodnotu $0,05 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_3$, zvýšení bylo pouze krátkodobé v počátcích experimentu, a proto nepředpokládáme výrazný vliv tohoto faktoru na sledované ukazatele.

Fytoplankton

V průběhu experimentu docházelo u pokusné skupiny ke snižování abundance sinic ke konci pokusu. Počet buněk sinic byl od $2,6 \text{ mil. buněk.ml}^{-1}$ (chlorofyl a $712,67 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$) na počátku do $250 \text{ tisíc buněk.ml}^{-1}$ (chlorofyl a $387,68 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$) na konci experimentu. Fytoplankton kontrolních lokalit byl tvořen převážně zástupci zelených řas a rozsivek (chlorofyl a $16,02$ až $40,05 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$). Sinice se na kontrolních lokalitách vyskytovaly velmi zřídka, a pokud byla jejich přítomnost zaznamenána, jednalo se vždy o druhy netvořící vodní květy. Na počátku pokusu byly v pokusných nádržích zjištěny tři typy microcystinů o celkové koncentraci $539,1 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ sušiny. Tato koncentrace se postupně snižovala, v polovině experimentu činila $425 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ sušiny a na konci experimentu $182,4 \text{ } \mu\text{g.g}^{-1}$ sušiny. U kontrolních skupin nebyla toxicita fytoplanktonní populace prokázána.

Analýzy tkání

Průměrné hodnoty sledovaných parametrů u jednotlivých druhů ryb jsou uvedeny v tab. 1, 2 a 3.

Chemické složení svaloviny a délkohmotnostní charakteristiky kapra nebyly přítomností sinic vodního květu signifikantně ovlivněny. Hlavním důvodem změn ve složení svaloviny byla možnost příjmu jen omezeného množství přirozené potravy. Celkové množství lipidů bylo nízké a pohybovalo v rozmezí 1,5-2,7 %. U kapra s dostatkem potravy jsou hodnoty celkového množství lipidů ve svalovině v průběhu vegetace přes 5 % (Kmínková a kol. 2001). Spektrum mastných kyselin odpovídalo hodnotám ryb z přirodních vod přijímajících pouze přirozenou potravu (Steffens, 1997), kdy ve srovnání s běžně udávaným složením mastných kyselin u kapra s přikrmováním (Vácha 1996; Kmínková a kol. 2001; Fajmonová a kol. 2003) jsou nižší hodnoty u MUFA a vyšší u PUFA.

Složení aminokyselin je u kapra poměrně stálé, i v případě hladovění jsou pozorovány pouze menší, jen výjimečně signifikantní změny (Ščerbina a Grijajev, 1990). Obsah bílkovin u kapra byl v našem experimentu nižší 14-15 %, běžné hodnoty se pohybují v rozmezí 16-19 % (Vácha 1996). Nižšímu obsahu proteinů odpovídala i nižší hodnota sušiny (17-19 %), ve srovnání s údaji uváděnými v rozpětí 21-26 % (Furuichi a kol., 1987; Vácha, 1966; Fajmonová a kol., 2003).

Chemické složení svaloviny tolstolobika bílého, který sinice aktivně přijímá v potravě, je i přes diskutabilní schopnost účinně tuto potravní složku trávit ovlivněno. Celkové množství lipidů u kontrolní skupiny bylo podobné jako u kapra nízké a pohybovalo v rozmezí 1,6-2,0 %. U ryb v prostředí sinic vodního květu byly hodnoty signifikantně vyšší (2,0-3,5 %) a spíše se blížily rozpětí hodnot udávaných jinými autory 4,3-6,7 % (Vácha, 1996; Domaizon a kol., 2000). Spektrum mastných kyselin přibližně odpovídalo hodnotám ryb žijících se sinicemi rodu *Microcystis* (Domaizon a kol., 2000). Experimentální skupina oproti kontrolní skupině měla signifikantně zvýšenou hodnotu kyseliny palmitoolejové a α -linolenové.

Sinice rodu *Microcystis* mají vyšší obsah kyseliny palmitové a palmitoolejové a vyšší obsah FA řady n-3, převážně α -linolenové, ale pouze ve stopách je obsah EPA (20:5 n-3). Celkové množství FA se pohybuje v rozmezí 1,5-2,5 % v sušině vzorku (Ahlgren, 1992). Ryby kontrolní skupiny byly chovány v prostředí zelených řas a rozsivek, které ve srovnání se sinicemi mají vyšší celkový obsah FA (5,2-8,9 %) v sušině vzorku, a oproti sinicím i vyšší obsah kyseliny linolové a olejové. Složení FA u sinic a řas závisí na růstové kondici,

v exponenciální fázi růstu stoupá i množství FA (Ahlgren, 1992, Dunstan a kol., 1994). S prodlužující se dobou experimentu byl u experimentální skupiny tolstolobika bílého zřetelný nárůst celkového obsahu lipidů. Tento nárůst u sinic s podstatně nižším obsahem lipidů a horší stravitelností ve srovnání se zelenými řasami a rozsivkami u kontrolní skupiny lze vysvětlit jejich extrémně vysokou biomasou. Počet buněk sinic se v průběhu pokusu snižoval, lze tedy předpokládat jejich vyšší stravitelnost, která stoupá u starších populací na konci vegetačního období (Kopp, 2005). Vysoká biomasa sinic se projevila i v přírůstu ryb, který byl u experimentální skupiny tolstolobika bílého statisticky průkazně vyšší.

Obsah bílkovin u tolstolobika byl v našem experimentu nižší 16-18 %, běžné hodnoty se pohybují kolem 19 % (Vácha 1996). Nižšímu obsahu proteinů odpovídala i nižší hodnota sušiny (21-23 %), běžné jsou vyšší hodnoty sušiny kolem 24 % (Vácha 1966). Spektrum aminokyselin se u ryb výrazně lišilo, u pokusné skupiny byl obsah cystinu, methioninu, glutamové kyseliny, prolinu, valinu, isoleucinu a argininu signifikantně vyšší a obsah glycinu signifikantně nižší ve srovnání se skupinou kontrolní.

Na základě výsledků experimentu, je zřejmé, že vliv sinic vodního květu na chemické složení svaloviny kapra, který sinice v potravě nepřijímá a netráví je minimální. V žádném případě to však neznamená, že nemůže docházet ke kumulaci biologicky aktivních látek sinic (toxínů) v rybě svalovině. Svalovina tolstolobika byla vodním květem sinic výrazně ovlivněna i přes jejich velmi nízkou stravitelnost. Přestože se jednalo o toxickou populaci sinic, nebyl na experimentálních rybách pozorován žádný negativní vliv.

Tab. 1. Spektrum mastných kyselin svaloviny kapra (K) a tolstolobika bílého (Tb). Uvedené údaje jsou v g.kg⁻¹ sušiny vzorku. Tučným písmem jsou označeny statisticky signifikantní rozdíly (p<0,01), n=5.

Datum	3.8. vstup		31.8. sinice		31.8. kontrola		7.10. sinice		7.10. kontrola	
	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb
C14:0	0,48	0,77	0,34	1,00	0,73	1,18	1,58	1,10	0,50	0,31
C16:0	12,04	9,79	11,35	13,21	18,14	12,79	13,79	17,83	13,34	8,59
C16:1	2,35	3,28	1,70	5,13	3,48	5,23	2,45	7,79	2,56	1,67
C18:0	5,41	5,27	5,33	4,55	7,96	5,51	5,76	5,78	5,58	3,50
C18:1	12,04	9,39	10,65	12,35	19,02	11,68	15,42	18,46	13,98	9,17
C18:2n-6	4,43	1,21	4,43	2,14	7,35	1,17	8,63	2,43	6,53	4,24
C18:3n-6	0,15	0,19	0,14	0,15	0,21	0,16	0,20	0,16	0,19	0,12
C18:3n-3	0,78	1,03	0,46	2,48	1,06	0,67	1,07	3,17	0,75	0,46
C20:1	0,54	0,43	0,56	0,58	1,04	0,50	0,82	0,90	0,93	0,61
C20:4n-6	3,26	4,02	3,67	3,04	5,20	3,30	5,24	4,51	6,09	3,98
C20:5n-3	2,45	7,09	2,16	5,08	3,79	6,92	3,19	8,50	3,82	2,44
C22:4n-6	0,25	0,28	0,33	0,24	0,58	0,25	0,41	0,26	0,50	0,33
C22:5n-6	0,73	1,58	0,77	1,07	1,09	1,12	0,99	1,52	1,09	0,71
C22:5n-3	1,03	2,22	0,94	1,57	1,63	2,00	1,42	2,61	1,48	0,96
C22:6n-3	5,18	6,46	5,32	5,51	7,78	5,92	7,42	9,85	7,27	4,66
Σ FA	51,11	53,02	48,16	58,10	79,07	58,39	68,38	84,87	64,60	41,76
Σ SFA	17,94	15,83	17,03	18,76	26,84	19,48	21,13	24,70	19,43	12,40
Σ MUFA	14,93	13,10	12,92	18,06	23,54	17,41	18,69	27,16	17,47	11,45
Σ PUFA	18,24	24,09	18,22	21,28	28,69	21,50	28,56	33,01	27,70	17,90
Σ (n-6)	8,81	7,28	9,34	6,63	14,43	5,99	15,47	8,88	14,39	9,38
Σ (n-3)	9,44	16,80	8,88	14,66	14,26	15,51	13,10	24,13	13,31	8,52
E (n-3)/(n-6)	0,55	1,23	0,46	1,29	0,78	1,51	0,57	2,32	0,60	0,38

Tab. 2. Průměrné hodnoty chemického složení svaloviny, délka těla a hmotnost kapra (K) a tolstolobika bílého (Tb). Údaje v g.kg⁻¹ jsou uvedeny v sušině vzorku, tučným písmem jsou označeny statisticky signifikantní rozdíly (p≤0,01), n=10.

Datum	3.8. vstup		31.8. sinice		31.8. kontrola		7.10. sinice		7.10. kontrola	
	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb
Proteiny (g.kg ⁻¹)	799,7	790,1	808,7	795,2	787,5	758,1	806,7	796,5	810,0	801,9
Lipidy (g.kg ⁻¹)	76,3	79,0	90,1	89,5	117,3	91,7	142,4	149,7	146,3	81,6
Popeloviny (g.kg ⁻¹)	60,5	56,4	53,8	58,2	51,6	53,4	58,1	52,3	58,1	51,2
Sušina (g.kg ⁻¹)	190,0	207,4	190,1	218,8	187,4	216,7	187,9	232,5	172,6	214,5
Délka těla (mm)	154	226	162	253	159	251	160	256	160	240
Hmotnost (g)	125	202	127	319	123	299	128	324	116	251

Tab. 3. Spektrum aminokyselin svaloviny kapra (K) a tolstolobika bílého (Tb). Uvedené údaje jsou v g.kg⁻¹ sušiny vzorku. Tučným písmem jsou označeny statisticky signifikantní rozdíly (p≤0,01), n=10.

Datum	3.8. vstup		31.8. sinice		31.8. kontrola		7.10. sinice		7.10. kontrola	
	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb
AA	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb	K	Tb
Cystin	8,32	8,57	8,73	8,97	8,64	8,25	8,79	8,90	8,78	8,82
Asparagová k.	80,86	78,17	81,31	78,31	78,63	74,79	80,07	78,94	80,90	79,56
Methionin	18,53	18,54	18,72	18,55	18,85	17,49	19,07	19,17	19,03	18,50
Threonin	38,69	39,69	44,55	41,24	39,53	35,67	40,56	41,86	40,55	47,64
Serin	41,32	40,40	40,53	40,24	40,09	38,41	41,48	40,22	40,84	39,71
Glutamová k.	121,90	118,54	120,97	121,74	118,58	113,64	121,08	120,83	121,69	120,78
Prolin	20,60	22,87	23,53	26,90	23,98	21,48	24,13	25,87	23,99	24,87
Glycin	66,01	62,37	63,41	59,44	60,31	62,36	61,81	59,02	63,39	61,73
Alanin	64,48	61,56	62,95	60,80	61,19	58,88	62,56	60,97	63,16	61,14
Valin	35,73	36,07	36,71	37,14	36,45	34,67	37,32	37,52	36,95	36,82
Isoleucin	28,52	28,23	28,77	28,84	28,58	26,91	29,28	29,35	28,97	28,64
Leucin	55,75	54,91	55,56	53,92	54,53	53,00	55,93	54,66	56,26	54,13
Tryptofan	2,63	2,59	2,54	3,02	2,68	2,34	2,69	2,89	2,50	2,81
Phenylalanin	2,30	0,87	0,83	0,67	0,82	0,91	0,87	0,73	0,85	0,69
Histidin	18,82	18,34	18,26	17,05	17,16	18,82	18,85	16,93	18,97	17,96
Lysin	117,85	117,50	119,02	114,38	116,27	113,41	119,53	115,73	120,50	115,49
Arginin	77,42	80,87	82,33	84,00	81,25	77,05	82,66	82,89	82,72	82,64

SOUHRN

Byl sledován vliv vodního květu sinic (rod *Microcystis*) na kvalitu rybího masa ročka kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a násady tolstolobika bílého (*Hypophthalmichthys molitrix*). Ryby byly umístěny po dobu 28 resp. 65 dnů do kovových klecí v přírodním prostředí rybních sádek bez přikrmování. Kontrolní skupina ryb byla umístěna do sádky bez výskytu vodních květů sinic. Pro vyhodnocení experimentu byly použity ukazatele chemického složení svaloviny (sušina, obsah proteinů, tuků a popelovin), spektrum aminokyselin (AA) a mastných kyselin (FA). Statisticky průkazné změny (p≤0,01) nebyly u kapra chovaného v sinicích vodního květu pozorovány. Změny ve složení svaloviny u tolstolobika bílého byly mnohem výraznější. Statisticky průkazné (p≤0,01) bylo zvýšení celkového obsahu tuků a hodnota sušiny, průkazně vyšší byla i hmotnost ryb. Statisticky průkazné (p≤0,01) byly i změny ve složení aminokyselin a mastných kyselin. Sinice vodního květu tvoří nezanedbatelnou část potravního spektra tolstolobika bílého a proto je jejich vliv na složení jeho svaloviny výraznější než u kapra, který sinice v potravě nepřijímá.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla za finanční podpory výzkumného záměru MSM 62 15712402 a IGA MZLU Brno 26/2005.

LITERATURA

- Ahlgren, G. (1992): Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalgae. *J. Phycol.* 28, 37-50
- Domaizon, I., Desvillettes, C., Debros, D., Bourdier, G. (2000): Influence of zooplankton and phytoplankton on the fatty acid composition of digesta and tissue lipids of silver carp: mesocosm experiment. *Journal of Fish Biology* 57, 417-432
- Dunstan, G.A., Volkman, J.K., Barrett, S.M., Leroi, J.M., Jeffrey, S.W. (1994): Essential polyunsaturated fatty acids from 14 species of diatom (Bacillariophyceae). *Phytochemistry*, 35, 155-161
- Fajmonová, E., Zelenka, J., Komprda, T., Kladroba, D., Šarmanová, I. (2003): Effect of sex, growth intensity and heat treatment on fatty acid composition of common carp. *Czech J. Anim. Sci.* 48, 85-92
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226: 497-509.
- Furuichi, M., Ito, G., Yone, Y. (1987): Effect of β -Starch on Growth, Feed Efficiency, and Chemical Components of Liver, Muscle, and Blood of Carp and Red Sea breams. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53, 1437-1442
- Chorus, I., Falconer, I.R., Salas, H.J., Bartram, J. (2000): Health risk caused by freshwater cyanobacteria in recreation waters. *J. Toxicol Environ Health Part B* 3:361-377
- Kmínková, M., Winterová R., Kučera, J. (2001): Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Czech J. Food Sci.*, 19: 177-181
- Kopp, R. (2005): Nepřímá kyslíková metoda ke zjištění schopnosti tolstolobika bílého trávit sinice. In Spurný, P. *VIII. Česká ichtyologická konference*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, Oddělení rybářství a hydrobiologie, s. 265--269.
- Kráčmar, S., Gajdůšek, S., Kuchtik, J., Zeman, L., Horák, F., Doupovcová, G., Matějková, R., Kráčmarová, E., (1998): Changes in amino acid composition of ewe's milk during the first month of lactation. *Czech J. Anim. Sci.*, 43, pp. 369 – 374.
- Malbrouck, C., Kestemont, P. (2006): Effects of microcystins on fish. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25 (1), pp. 72-86
- Official Journal L 206: Eighth Commission Directive 78/633/EEC of June 15, 1978 Establishing Community Methods of Analysis for the Official Control of Feeding Stuffs, July 29, 1978, pp. 0043–0055.
- 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
- Ščerbina, M.A., Girjajev, A.S. (1990): Effects of combined overwintering on survival and metabolisms in the carp, *Cyprinus carpio*, and bighead, *Aristichthys nobilis*. *J. Ichthyol.*, 30,5: 154-160
- Tadesse, Z., Boberg, M., Sonesten, L., Ahlgren, G. (2003): Effects of algal diets and temperature on the growth and fatty acid content of the cichlids fish *Oreochromis niloticus* L. – A laboratory study. *Aquatic Ecology* 37, 169-182
- Takeuchi, T., Lu, J., Yoshizaki, G., Satoh, S. (2002): Effect on the growth and body composition of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* fed raw *Spirulina*. *Fisheries Science*, 68, 34-40
- Vácha, F. (1996): Kvalitativní parametry masa sladkovodních ryb. In: Flajšhans, M. *Sborník vědeckých prací k 75. výročí založení VÚRH. Vodňany*, s. 169-176

Adresy autorů:

Ing. **Radovan Kopp**, Ph.D. (fcela@seznam.cz) , Dr. Ing. **Jan Mareš** (mares@mendelu.cz), Ing. **Tomáš Tichý** (tichy.tom@volny.cz), Ing. **Andrea Ziková** (Andrea.Zikova@seznam.cz), **Jana Hlávková** (xhlavkov@node.mendelu.cz), Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, +420 545 133 268,
doc. Ing. **Stanislav Kráčmar**, DrSc., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav výživy zvířat a pícninářství , +420 545 133 168, kracmar@mendelu.cz
Ing. **Milada Fialová**, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav chemie a biochemie, +420 545 133 280, +420 545 136 017, milada.fialova@seznam.cz
Doc. MVDr. **Stanislav Navrátil** CSc., Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Ústav veterinární ekologie a ochrany životního prostředí, (FVHE) +420 54156 2650 navratils@vfu.cz