

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Rybářství

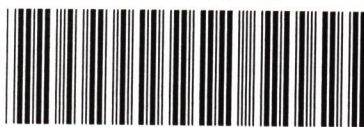
Katedra: Rybářství



Diplomová práce

Zastoupení mastných kyselin a cholesterolu ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio*) podle technologie chovu.

Knihovna JU - ZF



3114703790

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. František Vácha, Csc.

Autor:

Lukáš Blecha

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Lukáš Blecha**

Studijní program: M 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Rybnářství

Název tématu: **Zastoupení mastných kyselin a cholesterolu ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio*) podle technologie chovu.**

Zásady pro vypracování:
(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Jakostní parametry rybního masa musí být posuzovány tak, aby pomohly v rozvoji zavádění nových výrobků a zabezpečily požadavky na rostoucí vnímání kvality spotřebitelem. V práci je potřeba stanovit živinové hodnoty, provést analýzu předkládaného krmiva vzhledem k obsahu sušiny, tuku, bílkovin, vlákniny, popelovin a dusíkatých látek a dále stanovit rozdílnost vlivu krmiva na výtěžnost masa a biometrické ukazatele. Dalším okruhem je posouzení kvalitativních znaků svaloviny, stanovení zastoupení polynenasycených mastných kyselin, především kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA) a cholesterolu, které mají prokazatelný vliv na zdraví člověka.

Cíle diplomové práce :

- 1) Porovnat modelová sledování a praktické uplatňování základních technologií odchovu ryb. Provést živinové rozbory doplňkových krmiv a přirozené potravy.
- 2) Zhodnotit vliv extenzivních a intenzivních technologických zásahů na zastoupení mastných kyselin a cholesterolu ve svalovině.

Rozsah grafických prací: 15 – 20 tabulek a grafů

Rozsah průvodní zprávy: 30 - 40 stran

Seznam odborné literatury:

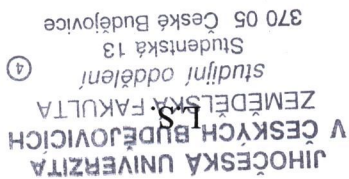
- Velíšek, J.: Chemie potravin. OSSIS Táborec, ISBN 80-86659-03-8, 2002, soubor 3 knih.
Pokorný, J.: Metody senzorní a stanovení senzorní kvality. Praha, ÚZPI 1993, 196 s
Vácha, F.: Zpracování ryb, skriptum JU ZF Č. Budějovice 2000, 104 s.
Clucas, I. J., Ward, A. R.: Post-harvest Fisheries Development: A Guide to Handling, Preservation, Processing and Quality. Chatham Maritime, Kent, 1996, 443 s.
Lands, W. E. M.: 1986. Fish and Human Health. Academic Press, 170 s.
Hall, G., M.: Fish Processing Technology. Glasgow, Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, 1994, 309 s.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. František Vácha, CSc.

Konzultant:

Datum zadání diplomové práce: únor 2004

Termín odevzdání diplomové práce: 30. 4. 2006



doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.
Vedoucí katedry

doc. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.
Děkan

V Českých Budejovicích dne 6. 3. 2004

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Zastoupení mastných kyselin a cholesterolu ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio*) podle technologie chovu“ jsem vypracoval na základě svých zjištění a za použití materiálů, které jsem uvedl v seznamu použité literatury.


.....

V Českých Budějovicích dne 28. dubna 2006.

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Františku Váchovi, Csc. za odborné vedení při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Pavlovi Vejsadovi za odbornou pomoc a věnovaný čas.

Obsah

1. ÚVOD	7
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 Chov kapra obecného (<i>Cyprinus carpio</i>, L.) dle intenzity obhospodařování rybniční plochy, nároky na kvalitu vodního prostředí	9
2.1.1 Chov kapra obecného dle intenzity obhospodařování rybniční plochy	9
2.1.2 Stanovení velikosti obsádek polointenzifikačních a intenzifikačních rybníků	9
2.1.3 Životní nároky kapra na kvalitu vodního prostředí	10
2.1.4 Přirozená potrava kapra	10
2.2 Charakteristika mastných kyselin a jejich zdravotní účinky	12
2.2.1 Charakteristika mastných kyselin	12
2.2.2 Rozdělení PUFA podle charakteru uhlíkového řetězce	16
2.2.3 Využití PUFA v lidském organismu	17
2.2.4 Zdravotní účinky PUFA	19
2.2.5 Doporučovaný poměr jednotlivých řad MK při konzumaci	19
2.3 Vliv krmiva na složení mastných kyselin v rybím tuku	20
2.3.1 Přirozená potrava	20
2.3.2 Doplnková krmiva rostlinného původu	21
2.4 PUFA zastoupené v rybím tuku	23
2.4.1 PUFA v tuku kapra obecného (<i>Cyprinus carpio</i> L.)	23
2.4.2 Vztah mezi celkovou tučností a poměrem jednotlivých řad MK	24
2.4.3 Změny ve složení mastných kyselin v průběhu roku	25
3. MATERIÁLY A METODIKA	26
3.1 Cíle práce	26
3.2 Charakteristika lokality odchovu	26

3.3 Charakteristika pokusných ryb	26
3.4 Charakteristika odběru vzorků	27
3.5 Stanovení celkového tuku a jeho složení, statistické vyhodnocení	27
3.5.1 Stanovení celkového tuku extrakcí podle Soxhleta	27
3.5.2 Stanovení složení mastných kyselin	27
3.5.3 Statistické vyhodnocení	28
4. VÝSLEDKY	29
4.1 Krmný pokus v rybnících střediska Lomnice	29
4.2 Složení živin a mastných kyselin v potravě ryb	29
4.3 Souhrn naměřených hodnot podílu PUFA, n – 3 PUFA, n – 6 PUFA, EPA, DHA z celkového tuku ve svalovině ryb	30
4.4 Grafické znázornění a statistické vyhodnocení	32
4.4.1 Celkový obsah PUFA	32
4.4.2 Celkový obsah n – 6 PUFA	34
4.4.3 Celkový obsah n – 3 PUFA	36
4.4.4 Poměr n – 6 PUFA / n – 3 PUFA	38
4.4.5 Obsah EPA a DHA	40
5. DISKUSE	44
6. ZÁVĚR	46
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
8. PŘÍLOHY	52

1. ÚVOD

Kaprovité ryby obecně jsou lidmi 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.). U nás je kapr 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 obecně vyznačuje vysokým podílem vícenenasycených mastných kyselin (PUFA), 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. (Ahlgreen, 1996) Tyto skutečnosti činí rybí maso biologicky velmi hodnotné, přičemž ke konzumaci jsou doporučovány především ryby málo a středně tučné, ke kterým patří i kapr. (Kmínková, 2001) V mnoha výzkumech byl prokázán vliv složení mastných kyselin v potravě na lidské zdraví. Ukázalo se, že složení vícenenasycených 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. Například u grónských inuitů byl zjištěn zanedbatelný výskyt uvedených obtíží ve srovnání s ostatními lidmi. Inuité jsou lidé, jejichž strava je bohatá na ryby a jiné mořské živočichy včetně mořských savců, kteří jsou vydatným zdrojem $n - 3$ (omega 3) vícenenasycených mastných kyselin a proto je u nich výskyt onemocnění cévní soustavy tak nízký.

Složení PUFA v rybím tuku je prokazatelně závislé na složení tuku v přijímaném krmivu. (Ahlgreen aj., 1996; Kmínková, 2001; Steffens a Wirth, 2005) Bylo také prokázáno, že změny ve složení PUFA ve stejných tkáních během roku závisí především na druhu předkládaného krmiva. (Kmínková, 2001) V chovu kapra se jako

doplňkového krmiva využívá především jaderných krmiv – obilovin. Tato energeticky bohatá krmiva se navzájem liší složením mastných kyselin a ovlivňují míru obsahu těchto kyselin v rybím mase a to i v období sádkování, kdy ryby nepřijímají potravu. 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 ve svalovině kapra s ohledem na druh doplňkového krmiva.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Chov kapra obecného (*Cyprinus carpio*, Linnae 1758) dle intenzity obhospodařování rybníční plochy, jeho nároky na kvalitu vodního prostředí

2.1.1 Chov kapra obecného dle intenzity obhospodařování rybníční plochy

Obecně můžeme rybníky členit podle stupně intenzity obhospodařování do čtyř skupin: extenzivní, polointenzifikační, intenzifikační a s průmyslovým chovem ryb. Extenzivní chov využívá hlavně přirozené produkce, pouze s malými dávkami hnojiv a krmiv. Naopak průmyslový chov využívá kompletních krmných směsí. (Čítek aj., 1998 a)

V polointenzifikačních rybnících se využívá vystupňování přirozené produkce statkovými a průmyslovými hnojivy, celková produkce je však tvořena z větší části příkrmováním obsádek převážně obilninami. Příkrmování se uskutečňuje v určitých obdobích s ohledem na rozvoj přirozené potravy a jeho intenzita závisí na velikosti obsádky a aktuálních podmínkách vodního prostředí (obsah kyslíku, disociované formy amoniaku; teplota vody). Přírůstky v těchto rybnících mohou dosahovat až $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tam, kde je produkce rybníka založená na příkrmování granulovanými krmnými směsmi, hovoříme o intenzifikačních rybnících. V intenzifikačních rybnících může být úroveň hnojení podle potřeby vyšší než v předchozím typu chovu. Přestože zohlednění aktuálního rozvoje přirozené potravy zde přináší pouze malý efekt, její dostatek je i v těchto rybnících nezbytnou podmínkou. Rozvoj přirozené potravy je ovlivňován zejména hospodářskými zásahy a růstem obsádky. Přírůstky v intenzifikačních rybnících dosahují za optimálních podmínek až $3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Rybníky sloužící k intenzivnímu chovu ryb je možné využívat k jiným než rybochovným účelům jen velmi omezeně. (Čítek aj., 1998 a)

2.1.2 Stanovení velikosti obsádek polointenzifikačních a intenzifikačních rybníků

V extenzivních podmínkách chovu se využívá tzv. normálních obsádek. Oproti tomu v polointenzivním a intenzivním chovu se pro stanovení výše obsádky používá zhuštěné

(zvýšené) obsádky. Jedním z důvodů zhušťování obsádek je také fakt, že příkrmování normálních obsádek není dostatečně efektivní. Zhuštěné obsádky lze vypočítat dvojnásobným způsobem. V prvním případě lze rozšířit vzorce Waltera a Judina o hodnotu, která se rovná podílu celkového plánovaného vkladu krmiv a absolutního krmného koeficientu daného krmiva. V druhém případě použijeme normální obsádku, kterou vynásobíme tři až pětkrát. Pro zjištění množství krmiva odečteme od plánovaného přírůstku přirozený přírůstek a jejich rozdíl násobíme absolutním krmným koeficientem. (Čítek aj., 1998 b)

2.1.3 Životní nároky kapra obecného na kvalitu vodního prostředí

Kapr obecný (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) patří do čeledi kaprovití (*Cyprinidae*). Jako jeden z mála hospodářských druhů ryb je schopen za optimálních podmínek chovu dokonale využívat produkční předpoklady rybníků. Teplotní optimum pro kapra obecného se pohybuje v rozmezí 18 až 24 °C. Jsou-li splněny všechny ostatní požadavky, je kapr schopen snášet extrémní teplotní rozsah 0 až 34 °C. Škodlivé jsou náhlé teplotní výkyvy, zejména pro plůdek. Kapr je středně náročný na obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. V intenzivních chovech je žádoucí obsah rozpuštěného kyslíku ve vodním prostředí 6 až 7 mg.l⁻¹. V obdobích snížené intenzity metabolismu kapr bezpečně snáší 3 až 4 mg.l⁻¹. (Čítek aj., 1998 c)

2.1.4 Přirozená potrava kapra

Kapra můžeme s ohledem na charakter vyhledávané a přijímané potravy označit za nedravého všežravce. Z živočišné potravy se orientuje výhradně na bezobratlé organismy – zoobentos, zooplankton. Dále je schopen trávit krmiva rostlinného původu – celá nebo upravená semena. Vyznačuje se značnou adaptabilitou k potravním podmínkám stanoviště. (Čítek aj., 1998 c)

Bentos je biocenóza vázaná na podklad. Patří do ní mikroorganismy, rostliny zakořeněné na dně nebo připevněné k různým podkladům, živočichové žijící na dně, ve vrstvě sedimentů i na jiném pevném podkladu. Podle velikosti se bentos dělí na mikrobentos (do 0,1 mm), mesobentos (přes 0,1 mm do 2 mm) a makrobentos (nad 2 mm), zatímco podle systematické příslušnosti se rozlišuje na fytobentos a zoobentos. Na podkladu ve vodě (dřevo, povrch kamenů, různé konstrukce, vyšší

vodní rostliny apod.) se vytváří nárosty neboli perifyton, tvořené mikroorganismy, řasami a drobnými živočichy. Typičtí zástupci bentické zvířeny rybníka : máloštětinátec (*Chaetogaster diaphanus*), larva pokomára (*Ceretopogon*), larva pakomára (*Chironomus plumosus*), máloštětinátec (*Stylaria lacustris*) a hlístice (*Dorylaimus stignalis*). (Pokorný, 2004)

Výskyt a druhová skladba zooplanktonu je obecně ovlivňována rybí obsádkou. Predační tlak ryb způsobuje, že větší druhy zooplanktonu jsou nahrazovány menšími. Převažuje - li výskyt hrubého zooplanktonu, lze usuzovat na nedosazenost rybníka, převažuje - li drobný zooplankton, lze předpokládat, že je rybník přesazený. V úměrně nasazených rybnících by měl převažovat zooplankton střední velikosti. Dále můžeme z kvalitativní skladby usuzovat na přítomnost nemocí ryb nebo např. na produkční rezervu rybníka (převažující výskyt hrubého zooplanktonu se v průběhu roku opakuje). Může zde také působit vliv hromadného výskytu jiných druhů ryb, které v potravě konkurují kaprovi (opět lze vysledovat převážný výskyt drobného zooplanktonu). (Faina, 1983)

V rybnících s velmi hustou obsádkou, s vysokým podílem plevelných ryb je zooplankton tvořen malými druhy. Převládajícími druhy perlooček jsou *Bosmina longirostris*, *Daphnia galeata* a někdy též *Ceriodaphnia*. Pokud se zde vyskytují velké druhy dafnií jedná se vesměs o jejich vývojová stadia. Buchanky jsou zastoupeny hlavně naupliovými a kopepoditovými stadii. Dospělci jsou poměrně řídkí. Pokud se vyskytují, jedná se většinou o rody *Termocyclops*, *Eucyclops*, *Mesocyclops* a někdy může být přítomen i rod *Cyclops* (jaro) a *Acanthocyclops* (v létě). Vířníci jsou velmi hojní a jsou reprezentovány zejména rody *Asplanchna* (*A. priodonta*), *Brachionus* (*B. calyciflorus*, *B. angularis*), *Conochilus* (*C. unicornis*), *Kelicottia* (*K. longispina*), *Keratella* (*K. cochlearis*, *K. quadrata*), *Polyarthra* (*P. dolichoptera*, *P. remata*) a *Synchaeta*. (Edmondson, 1964).

V rybnících s nízkou obsádkou ryb je dominantní velký zooplankton, který je charakteristický velkými zástupci řádu *Cladocera*. Jsou to především *Daphnia pulicaria* a v některých případech i *Daphnia magna*. Ostatní zástupci rodu *Daphnia* (*D. longispina*, *D. galeata*) a několik dalších malých zástupců řádu *Cladocera* (*Ceriodaphnia* a *Moina*) se mohou vyskytovat krátce v létě. Velké dafnie zde dominují a představují více jak 50 % celého zooplanktonu. (Kořínek aj., 1987).

Druhové a velikostní složení zooplanktonu (hlavně velikostní a druhová distribuce rodu *Daphnia*) je užitečný indikátor pro odhadnutí velikosti rybí obsádky během

vegetační sezóny. Dále může sloužit jako kritérium potřebné pro odhad optimálního množství nasazovaných ryb. Výskyt přirozené potravy hraje také významnou úlohu v příkrmování ryb a u plůdku (na počátku exogenní výživy) hraje důležitou roli v přežití a v následném vývoji (Schlott-Idl, 1991).

2.2 Charakteristika mastných kyselin a jejich zdravotní účinky

2.2.1 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); nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové, MUFA); nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové, PUFA); mastné kyseliny s trojnými vazbami a s různými substituenty (rozvětvené, cyklické, s kyslíkatými, sirnými 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. 2.2.1). Monoenové 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 množství vyskytuje jen několik těchto kyselin (viz tab. 2.2.2), 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 $n - 6$ a $n - 3$ (viz obr. 2.2.1). Tyto kyseliny jsou životně důležité, musí tedy být v dostatečném množství přijímány potravou. Minimálně 0,5 % příjmu energie by mělo pocházet z EPA, DHA a jiných polynenasycených mastných kyselin řady $n - 3$. (Velíšek, 2002 a)

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 určité mikroorganismy, rostliny nebo živočichy určitého rodu, čeledi nebo řádu. Mají proto také význam v taxonomii.

Tuk užitkových zvířat (přezvýkavců, vepřů) 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.

Tabulka 2.2.1 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

V živočišných tucích je nízký výskyt polynenasycených mastných kyselin a poměrně vysoký výskyt nasycených i mononenasycených mastných kyselin. Výjimku tvoří tuk užitkových ptáků a rybí tuk (viz tab. 2.2.3). Rybí tuky obsahují mastné kyseliny s 20 až 22 atomy uhlíku a 4 až 6 dvojnými vazbami řetězci (viz tab. 2.2.4). Přitom platí, že tuk mořských druhů ryb se skladbou mastných kyselin liší od tuku sladkovodních druhů ryb.

Tabulka 2.2.2 Dienové, trienové a další polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

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

Tabulka 2.2.3 Zastoupení jednotlivých skupin mastných kyselin (MK) v některých tucích a olejích (v %)

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
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

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 přežvýkavců, kam se dostávají z potravy přeměněné mikroorganismy v bacheru. *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* nenasyčených mastných kyselin. (Velíšek, 2002 b)

Tabulka 2.2.4 Složení hlavních mastných kyselin rybích tuků (v % z celkového tuku)

Mastná kyselina	<i>Clupea harengus</i>	<i>Brevoortia tyrannus</i>	<i>Sardinus caerulea</i>	<i>Gadus morhua(játra)</i>
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 (EPA)	-	12-18	9-35	8-14
Dokosenová	12-27	0,2-0,4	-	4-13
Dokosadienová	0,4-1	-	-	-
Dokosatetraenová	-	-	1-3	-
Dokosapentaenová	0,5-1,3	2-4	1-4	1,1-3,8
Dokosahexaenová (DHA)	4-10	4-15	4-13	6-17

2.2.2 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 atomu uhlíku od methylového konce uhlíkového řetězce mastné kyseliny (viz obr. 2.2.2). 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 a musí tedy být přijímány potravou. Zástupci n – 3 řady, kyselina eikosapentaenová (EPA) a kys. dokosahexaenová (DHA), jsou z hlediska kvalitativního složení velmi žádoucí. Zástupcem n – 6 řady je např. kyselina arachidonová (AA, 22:4) (viz tab. 2.2.5). Vznikají transformací z LA a ALA pomocí enzymů elongáz a desaturáz (viz. obr. 2.2.1) (Vance, 1991)

Obrázek 2.2.1 Biosyntéza vyšších nenasycených mastných kyselin (Velíšek, 2002)

n – 6 kyselina

linolová

(18:2 Δ 9, 12)

↓ Δ 6 – desaturasa

γ -linolenová

(18:3 Δ 6, 9, 12)

↓ elongasa

dihomo- γ -linolenová

(20:3 Δ 8, 11, 14)

↓ Δ 5 – desaturasa

arachidonová

(20:4 Δ 5, 8, 11, 14)

n – 3 kyselina

α -linolenová

(18:3 Δ 9, 12, 15)

↓ Δ 6 – desaturasa

stearidonová

(18:4 Δ 6, 9, 12, 15)

↓ elongasa

eikosatetraenová

(20:4 Δ 8, 11, 14, 17)

↓ Δ 6 – desaturasa

eikosapentaenová (EPA)

(20:4 Δ 5, 8, 11, 14, 17)

↓ elongasa

klupanodonová

(22:5 Δ 7, 10, 13, 16, 19)

↓ elongasa

tetrakosapentaenová

(24:5 Δ 9, 12, 15, 18, 21)

↓ Δ 6 – desaturasa

tetrakosaheptaenová

(24:6 Δ 6, 9, 12, 15, 18, 21)

↓ β -oxidace

dokosaheptaenová (DHA)

(24:6 Δ 4, 7, 10, 13, 16, 19)

2.2.3 Využití PUFA v lidském organismu

PUFA jsou důležitou strukturní i funkční složkou buněčných membrán a prekurzory látek nazývaných eikosanoidy (prostaglandiny, prostacykliny, thromboxany, lipoxiny, leukotrieny), které v organismu působí podobně jako hormony. (Vance, 1991) Protože jsou nerozpustné ve vodě, patří ve fyzikálním slova smyslu mezi lipidy. Nejdéle jsou známé prostaglandiny, které objevil už v r. 1930 U. S. von Euler v prostatě. Jejich strukturu objasnil S. Bergström v r. 1962. Aktivní prostaglandiny jsou velmi nestálé látky. Někteří autoři je řadí mezi hormony, ačkoli nejsou produkovány pouze ve žlázách s vnitřní sekrecí a nejsou přenášeny do cílových orgánů. Jiní je považují pouze za modulátory účinku hormonů. Ovlivňují přímo funkci reprodukčních orgánů,

gastrointestinálního a cévně respiračního systému. Prostaglandiny, prostacykliny a také leukotrieny mají vasodilatační účinek – roztahují cévy a tím snižují krevní tlak a zabraňují srážení krve. Většina také způsobuje stahy hladkého svalstva. Thromboxany vyvolávají agregaci krevních destiček a tím srážení krve, a dále kontrakci cév. (Vodrážka, 1992)

Obrázek 2.2.2 Obecné vzorce n - 3 a n - 6 PUFA (Velíšek, 2002)



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



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

Tabulka 2.2.5 Hlavní mastné kyseliny (MK) tříd n - 3 a n - 6 (Pokorný, 2003)

Schématický vzorec	chemický název	triviální název
Hlavní MK řady n-3		
C 18:3 n-3	9,12,15-cis-oktadekatrienová	k. α – linolenová
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	
C 22:5 n-3	7,10,13,16,19-cis-dokosapentaenová	k. klupanodonová
C 22:6 n-3	4,7,10,13,16,19-cis-dokosahexaenová	
Hlavní MK řady n-6		
C 18:2 n-6	9,12-cis-oktadekadienová	k. linolová
C 18:3 n-6	6,9,12-cis-oktadekatrienová	k. γ – linolenová
C 20:3 n-6	8,11,14-cis-eikosatrienová	k. dihomu γ – linoleová
C 20:4 n-6	5,8,11,14-cis-eikosatetraenová	k. arachidonová

2.2.4 Zdravotní účinky PUFA

U grónských inuitů (Bang, 1976) a rybářů v japonských přímořských vesnicích (Yamada, 2000) byl zaznamenán podstatně nižší výskyt kardiovaskulárních obtíží než u ostatních lidí. Důvodem je zvýšený příjem vícenenasycených 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 kyselina dokosaheptaenová (DHA), mají zásadní význam pro vývoj sítnice a mozku u dětí. (Connor, 2000; Uauy 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 určitý 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).

2.2.5 Doporučovaný poměr jednotlivých řad MK při konzumaci

Příjem obou typů esenciálních mastných kyselin (EFA) by měl být ve správném poměru. Nadměrný příjem mastných kyselin (MK) jedné skupiny může narušovat metabolismus MK druhé řady a vést například k nadprodukci eikosanoidů. Kyselina,

kteřé je nadbytek, mŕže v metabolickŕch procesech organismŕ nahrazovat pŕvodnŕ kyselinu, avšak nevykazuje její pŕvodnŕ specifickŕ ŕinek. (Horrobin, 1995)

Mnohŕmi odbornŕky doporučovannŕ pomŕr konzumovanŕch MK řad $n - 6$ a $n - 3$ je 5:1 až 1:10, nejnovŕjší doporučení hovořŕ o pomŕru 5:1. (Kunešovŕ, 1999) Současnnŕ typickŕ strava zŕpadnŕho stylu vede ke konzumaci nadmŕrnŕho množství $n - 6$ kyselin, podle odhadŕ v pomŕru 14:1 (Carter, 1993). Nadbytek nŕkterŕch metabolitŕ mŕže vysvŕtlovat vznik celŕ řady civilizačních chorob, jako např. kardiovaskulŕrnŕ onemocněnŕ, kožnŕ poruchy, a pravdŕpodobnŕ takŕ rakoviny (Newton, 1997). Obecnŕ se pŕedpoklŕdŕ, že v pŕŕpadŕ $n - 3$ kyselin by mŕla dennŕ spotřeba odpovŕdat 1 % energetickŕho pŕjŕmu, což pŕi 12 000 kJ pŕedstavuje asi 3 – 4 g. Spotřeba $n - 6$ kyselin by nemŕla pŕesŕhnout 10 % energetickŕho pŕjŕmu, tj. asi 30 – 40 g dennŕ. (Voldřich a Dobiŕš, 1991)

2.3 Vliv krmiva na složenŕ mastnŕch kyselin v rybŕm tuku

2.3.1 Pŕirozenŕ potrava

Fytoplankton je pŕvodnŕm zdrojem $n - 6$ a $n - 3$ mastnŕch kyselin. Složenŕ tŕchto mastnŕch kyselin v rybŕch je prokazatelnŕ zŕvislŕ na složenŕ tukŕ v pŕjŕmanŕ potravŕ. Vŕskyt $n - 3$ nenasycenŕch mastnŕch kyselin (pŕedevšŕm EPA a DHA) v potravŕ ryb je jednŕm z kritŕriŕ ŕrčujŕcích nutriční hodnotu rybŕho masa. (Ahlgreen aj., 1996)

Sladkovodnŕ ryby jako kaprovitŕ jsou schopnŕ pomocŕ enzymŕ desaturŕz a elongŕz pŕemŕňovat C-18 (osmnŕct uhlŕkŕ v řetŕzci) mastnŕ kyseliny na C-20 a C-22 mastnŕ kyseliny. Kaprovitŕ ryby žŕvŕcŕ se planktonem, např. tolstolobik bŕlŕ (*Hypophthalmichthys molitrix*, Valenciennes 1844) a tolstolobec pestrŕ (*Aristichthys nobilis*, Richardson 1844) jsou bohatŕ na kyseliny eikosapentaenovou (EPA) a dokosahexaenovou (DHA), ale rovnŕž amur bŕlŕ (*Ctenopharyngodon idella*, Valenciennes 1844) a kapr obecnŕ (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) jsou charakterističtŕ značnnŕm obsahem $n - 3$ PUFA. Klinickŕ testy prokŕzaly, že konzumace masa kaprovŕch ryb mŕ pŕznŕvŕ ŕinek na lidskŕ zdravŕ, pŕedevšŕm prospŕvŕ osobŕm s kardiovaskulŕrnŕmi obtŕžemi. (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 eikosapentaenové a dokosahexaenové kyseliny. Navíc složení mastných kyselin ve svalovině sladkovodních ryb je charakteristické vysokým podílem $n - 6$ PUFA, zejména kyseliny linolové (LA) a arachidonové (AA). 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 je 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 $n - 6$ nenasycených mastných kyselin v celkovém 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)

2.3.2 Doplnková 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 aj., 1998 d).

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 pícein, 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 aj., 1998 d).

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 aj., 1977, Viola a Amidan, 1980, Yingst a Stickney, 1979)

V mase tržních kaprů z přirozených vod je vysoký obsah kyseliny linolové (LA), kyseliny eikosapentaenové (EPA) a kyseliny dokosaheptaenové (DHA), zatímco kapři krmení krmivy bohatými na glycidy mají ve svalovině vysoký obsah kyseliny olejové (OA) (Csengeri aj., 1978; Farkas aj., 1978; Watanabe aj., 1981; Runge aj., 1987). Ke stejným závěrům dospěli také Schwarz aj. (1988), Csengeri a Farkas (1993) i Csengeri (1996).

Sledování složení PUFA ve svalovině kapra (*Cyprinus carpio* L.) a lína (*Tinca tinca* L.) prokázala, že různé metody chovu a krmení zapříčiňují značné rozdíly v podílu n - 3 PUFA z celkového tuku u 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)

Celkové sumy tuků naměřené v rybách krmených různými cereálními krmivy byly následující: ryby krmené pšenicí – 11,22 %, kukuřicí – 13,26 %, triticales 9,72 % a kontrolní skupina bez příkrmování – 1,76 %. Statisticky byly prokázány rozdíly pouze mezi libovolnou obilovinou a kontrolou, ne však uvnitř obilovin. (Vejsada aj., 2005)

Bylo analyzováno složení mastných kyselin ve svalovině třech různých skupin lína obecného (*Tinca tinca*, Cuvier 1817). První skupina byla chována extenzivně, tj. potravou 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 aj., 1998)

2.4 PUFA zastoupené v rybím tuku

2.4.1 PUFA v tuku kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.)

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), dokosahexaenová (C 22:6). Podobně je tomu i u složení mastných kyselin v tuku kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.). V tukové tkáni kapra je však poměrně nízký obsah dokosahexaenové kyseliny (DHA) a zároveň vysoký obsah kyseliny alfa linolenové a gama linolenové. Kyseliny palmitová, palmitoolejová, olejová, alfa linolenová, eikosapentaenová (EPA), dokosahexaenová (DHA) jsou obsaženy zejména v tuku hepatopankreatu, oproti tomu je zde nižší obsah kyseliny arachidonové. Kyselina gama linolenová je zde zastoupena jen velice nepatrně. Mlíčí je bohaté na kyseliny palmitovou, olejovou, EPA a DHA, jikry vynikají obsahem kyselin palmitové, olejové a DHA. Tuková tkáň obecně má vysoký obsah kyselin olejové, eikosapentaenové a dokosahexaenové. (Kmínková aj., 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 činí 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)

Ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) bylo nalezeno velmi rozdílné zastoupení mastných kyselin (FA). V tabulce 2.4.1 jsou znázorněny hodnoty, které zjistili Kinsella aj. (1978), Sýkora a Valenta (1978), Kim a Lee (1986), Vácha a Tvrzická (1995).

Guillaume aj. (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) z celkového tuku v kapřím

mase se pohybuje ve velice širokém rozmezí, od 11,6 – 15,7 % ze všech mastných kyselin (Bieniarz aj., 2000) do 32,3 – 34,5 (Geri aj., 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). Geri aj. (1995) zjistili, že 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).

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)

Tabulka 2.4.1 Zastoupení mastných kyselin ve svalovině kapra (v % z celkového tuku)

Mastné kyseliny	Kinsella aj., 1978	Sýkora a Valenta, 1978		Kim a Lee, 1986	Fajmonová, 2003	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	1,05	2,38
C 22:6 n-3	2,70	14,84	9,15	5,10	1,07	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	12,33	19,26
Σ (n-6)	11,80	11,51	12,98	9,40	8,21	9,09
Σ (n-3)	16,60	34,79	28,22	18,50	4,12	10,17
Σ (n-3) / Σ (n-6)	1,41	3,02	2,17	1,97	0,5	1,12

2.4.2 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 % suché hmotnosti. 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 měl tento poměr 1,1 - 1,8. PUFA jsou závislé na sumě mastných kyselin po dosažení tučnosti ryby více jak 10 % suché hmotnosti. Poměr PUFA : SFA (Saturated fatty acids) klesá se stoupající hodnotou sumy všech 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 aj.,1994)

2.4.3 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). Výše byl popsán vliv předkládaného krmiva na velikost podílu jednotlivých skupin mastných kyselin ve svalovině ryb.

Kmínková aj. (2001) zjistili, že největší obsah PUFA byl nalezen v mlíčí a kosterní svalovině kapra během letního období, 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).

Takeuchi aj. (1987) zkoumali 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.

3. MATERIÁL A METODIKA

3.1 Cíl práce

Cílem této práce bylo posouzení vlivu doplňkového krmiva (kukuřice, pšenice, triticales) na obsah vícenenasycených mastných kyselin (PUFA) ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) na konci vegetačního období a během následujícího období sádkování. Sledovanými kyselinami byly kyseliny eikosapentaenová (EPA) a dokosahexaenová (DHA). Dále byl sledován celkový obsah vyšších nenasycených mastných kyselin s dvěma a více dvojnými vazbami (PUFA) a celkový obsah PUFA skupin $n - 6$ a $n - 3$ a jejich vzájemný poměr. Orientačně bylo stanoveno složení živin a mastných kyselin v doplňkovém krmivu a v přirozené potravě kapra a přítomnost cholesterolu ve svalovině ryb.

3.2 Charakteristika lokality odchovu

Ryby byly odchovány ve čtyřech rybnících v oblasti Nadějské soustavy, rybářství Třeboň (středisko Lomnice nad Lužnicí), na rybnících Pěšák, Horák, Fišmistr a Baštýř o průměrné rozloze 2,35 ha.

3.3 Charakteristika pokusných ryb

K pokusům byl použit kapr obecný (*Cyprinus carpio* L.) – Třeboňský šupináč. Ryby byly na začátku vegetačního období nasazovány jako tříleté – K_3 . Odběry vzorků byly prováděny na rybách K_4 po skončení vegetačního období a během následujícího období sádkování. Ryby byly odchovány ve čtyřech oddělených pokusných rybnících. Tři skupiny ryb byly přikrmovány obilovinami – kukuřice, pšenice, triticales (polointenzivní způsob chovu). Kontrolní skupina přikrmována nebyla – přírůstky hmotnosti byly tvořeny výhradně přirozenou potravou (extenzivní způsob chovu).

3.4 Charakteristika odběru vzorků

Pokusy probíhaly od října 2003 do května 2004. Po tuto dobu byly ryby sádkovány, nepřijímaly potravu. Každý měsíc, vždy první týden, bylo vyloveno 5 kusů ryb z každé skupiny. Ryby byly zabity a byl odebrán vzorek hřbetní svaloviny. Vzorky z každé skupiny byly smíseny, vznikly tak čtyři směsné vzorky vždy z pěti ryb krmených kukuřicí, pšenicí, triticales nebo nepřikrmovaných.

3.5 Stanovení celkového tuku a jeho složení, statistické vyhodnocení

3.5.1 Stanovení celkového tuku extrakcí podle Soxhleta

Naváží se 5 g vzorku s přesností 0,0001 g do filtračního papíru nebo do lodičky. Při navážení do lodičky se vzorek kvantitativně přenesení do extrakční tuby. Tuba se ucpě tukuprostou vatou. Vzorek se dá předsušit na 2 hodiny při teplotě 95 °C. Potom se vloží do střední části přístroje, střední vlastní části a chladiče. Extrakce probíhá přerušovaně jen tehdy, když se ve střední části hromadí rozpouštědlo. Extrahuje se při intenzivním koloběhu rozpouštědla asi 7 hodin. Intenzivní koloběh rozpouštědla je charakterizován odkapáváním zkapalněných par, a to nejméně 30 kapek za minutu.

Procento obsahu tuku (x) se vypočítá :

$$X = \frac{b - a}{n} * 100$$

a – hmotnost prázdné extrakční baňky

b – hmotnost extrakční baňky s tukem vyextrahovaným ze vzorku

n – navážka vzorku

3.5.2 Stanovení složení mastných kyselin

Extrahovaný tuk byl podroben chemické analýze – metodou plynové chromatografie (GLC) bylo stanoveno složení mastných kyselin ve svalovině pokusných ryb. Mastné kyseliny byly stanoveny na přístroji Varian 3300. Pro účely chromatografického stanovení byly převedeny na methylestery reesterifikací petroletherového roztoku tuku

stanovení byly převedeny na methylestery reesterifikací petroletherového roztoku tuku methanolovým roztokem hydroxidu draselného. Upřesňující údaje jsou uvedeny v tabulce 3.5.2.

Tabulka 3.5.2 Charakteristiky plynové chromatografie (přístroj Varian 3300)

Parametr	Hodnota
Kolona	Omegawax 530, 30m x 0,53 mm
Detektor	FID
Teploty: - kolona	40 °C – 3 min, 20 °C/min – 150 °C/min – 240 °C
- nástřík	250°C
- detektor	250°C
Průtok dusíku	6ml/min
Nástřík	1µl

Pro stanovení množství cholesterolu v tuku je třeba použít odlišný postup při přípravě vzorků k chemické analýze než pro stanovení mastných kyselin. V důsledku toho není možné na základě analýzy mastných kyselin přesně kvantifikovat množství cholesterolu ve svalové tkáni pokusných ryb. Vizualním zhodnocením grafického znázornění provedených analýz odebraných vzorků jsem posoudil přítomnost cholesterolu ve svalové tkáni ryb podle technologie chovu.

3.5.3 Statistické vyhodnocení

Získaná data jsem vyhodnotil pomocí statistického softwaru Statistica 6.0. Nejdříve byl vytvořen souhrn hodnot vybraných zájmových skupin polynenasycených mastných kyselin. Dalším krokem bylo grafické zpracování výsledků znázorňující průběh změn v obsahu sledovaných ukazatelů v průběhu trvání pokusu.

Pro zjištění průkaznosti rozdílů ve složení polynenasycených mastných kyselin v závislosti na druhu předkládaného krmiva jsem použil jednocestnou analýzu rozptylu (one-way ANOVA), $p < 0,05$. Nejdříve byla Levene testem ověřena homogenita rozptylů a následně aplikován Tukey test vysoce průkazných rozdílů (HSD Tukey test).

4. VÝSLEDKY

4.1 Krmný pokus v rybnících střediska Lomnice

V roce 2003 bylo na rybnících Pěšák, Horák, Fišmistr skrmeno 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 příkrmováno, 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 (triticales). Průměrná hmotnost ryb při výlovu na konci vegetačního období činila 2,02 kg. (viz tabulka 9.1.1 přílohy)

4.2 Složení živin a mastných kyselin v potravě ryb

Kukuřice obsahuje 4,53 % tuku v původní sušině. Oproti tomu u pšenice a triticales jsem zjistil 1,33 a 1,5 % tuku v původní sušině. Výsledky živinového rozboru příkrmovaných obilovin jsou uvedeny v přílohách – tabulka 9.1.2. Analýza složení tuku v předkládaném krmivu (viz tab. 4.2.1) ukázala, že nejvíce zastoupenými mastnými kyselinami jsou kyseliny s 18 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 (OA) 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 %).

Zástupcem $n - 3$ vícenenasycených 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. Zjistil jsem složení mastných kyselin v planktonu a bentosu. Zastoupení sledovaných kyselin je zde vysoké, výsledky měření jsou uvedeny v přílohách – tabulka 9.4.1.

Tabulka 4.2.1 Složení mastných kyselin v předkládaném krmivu

(v % z celkového tuku)

Mastná kyselina		Kukuřice	Pšenice	Triticale
myristová	C14:0	0,009	0,054	0,04
palmitová	C16:0	10,232	16,0625	15,1565
palmitolejová	C16:1	0,174	0,269	0,1775
		0,065	0,054	0,0565
stearová	C18:0	0,685	0,996	0,778
olejová	C18:1	32,75	16,4285	17,4665
linolová	C18:2	52,448	58,9085	58,8155
α -linolenová	C18:3n3	1,137	4,8655	5,2675
arachová	C20:0	0,491	0,129	0,0955
gadolejová	C20:1	0,425	0,7075	1,0805
eikosadienová	C20:2n6	0,024	0,161	0,1265
		0,007	0,058	0,0525
behenová	C22:0	0,13	0,085	0,081
		0,061	0,1625	0,185
		0,024	0,203	0,084
		0,188	0,2225	0,127
	C22:1	0,156	0,097	0,085
lignocerová	C24:0	0,087	0,1125	0,1435
		0,363	0,1655	0,143
		0,544	0,517	0,22

4.3 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 přílohy – tabulky 9.2.1-4). Pro porovnání obsahu vícenenasycených mastných kyselin (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 přílohy – tabulky 9.3), které jsou graficky znázorněny v kapitole 4.4 – graf 4.4.1-6a. Jako doplňkové ukazatele byly stanoveny hodnoty SFA a hodnoty poměrů MUFA/SFA, PUFA/SFA, PUFA/MUFA. Ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami jsem zjistil vyšší výskyt cholesterolu než ve svalovině ryb nepříkrmovaných.

Nejvyšší hodnoty podílu PUFA (průměr 34,12 ± směrodatná odchylka 3,47 %), n – 6 (18,46 ± 2,09 %) a n – 3 PUFA (13,77 ± 1,59 %) z celkového tuku ve svalovině ryb

byly naměřeny v extenzivně chovaných rybách. Průměrné hodnoty podílu těchto mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině ryb přikrmovaných kukuřicí, pšenicí, triticales a bez přikrmování jsou shrnuty v tabulce 9.3.5 v přílohách. Z ryb krmných obilovinami byly naměřeny nejvyšší hodnoty u kukuřice. Zároveň je patrné, že nejvyšší hodnoty poměru $n - 6/n - 3$ PUFA byly zaznamenány ve svalovině ryb krmných kukuřicí ($3,54 \pm 0,40$), zatímco svalovina nepřikrmovaných ryb vykazuje nejnižší hodnoty ($1,35 \pm 0,11$) 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 nepřikrmovaných ryb (EPA – $2,41 \pm 0,30$ %; DHA – $3,38 \pm 0,79$ %).

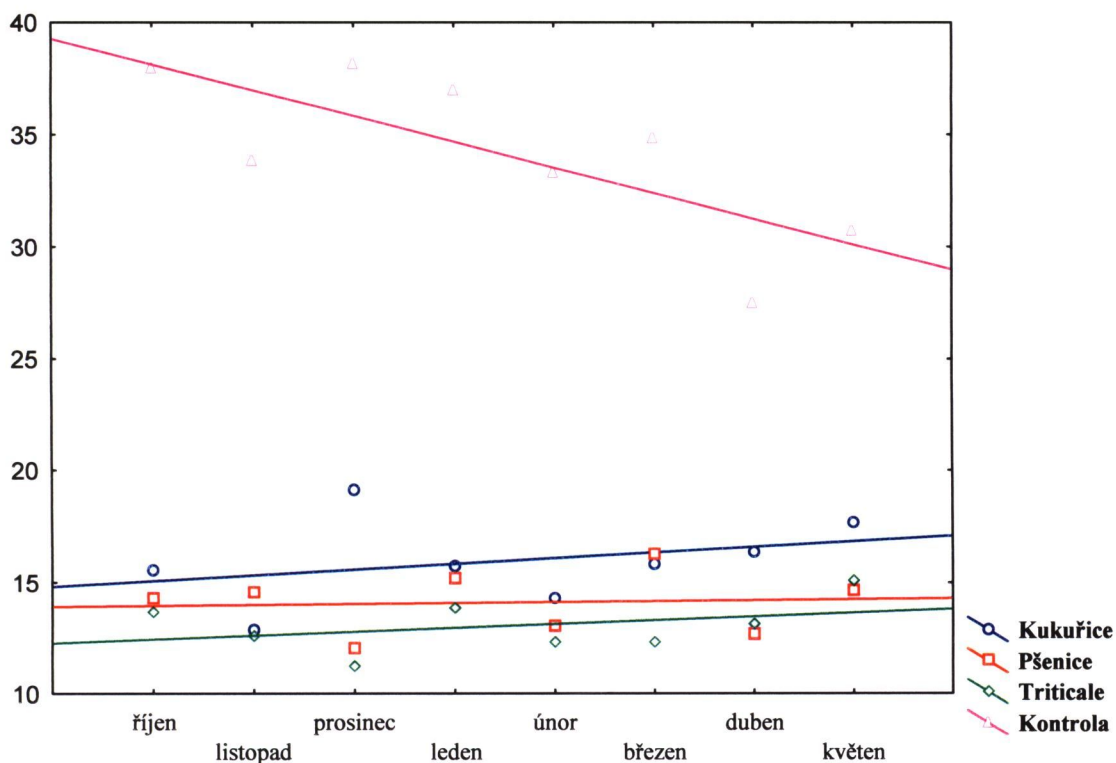
Uvedené průměrné hodnoty podílu PUFA, $n - 6$ a $n - 3$ PUFA, EPA a DHA z celkového tuku ve svalovině kaprů přikrmovaných kukuřicí, pšenicí, triticales a bez přikrmování jsou graficky znázorněny v kapitole 4.4 – graf 4.4.1-6b.

4.4 Grafické znázornění a statistické vyhodnocení

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 mi pomohla posoudit změny těchto hodnot v průběhu trvání pokusu.

4.4.1 Celkový obsah PUFA

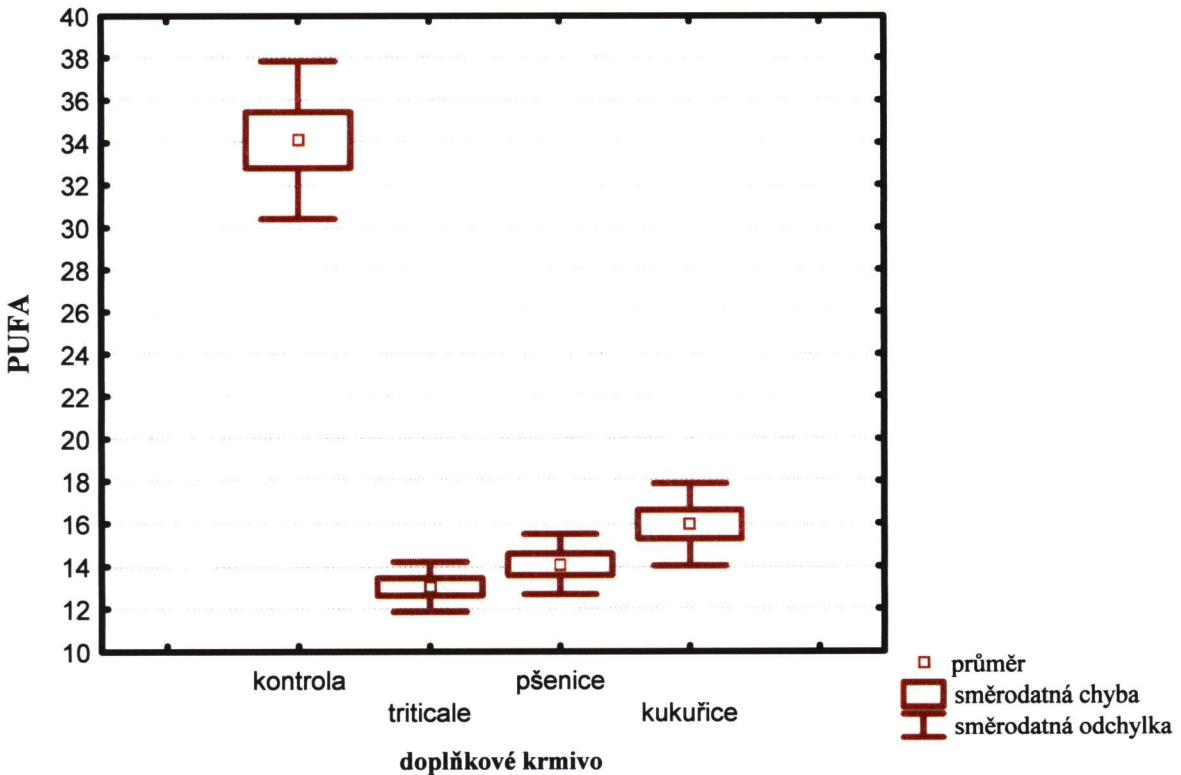
Graf 4.4.1a Celkový obsah PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku)



V grafu 4.4.1a jsou vyobrazeny naměřené hodnoty podílu PUFA z celkového tuku ve svalovině pokusných ryb. U nepřikrmovaných ryb 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 ryb krmených pšenicí není tento posun tak výrazný. Za povšimnutí stojí měsíc prosinec, kdy dosáhly maximálních hodnot podílu PUFA z celkového tuku ve svalovině

nepřikrmované ryby a ryby krmené kukuřicí, naopak nejnižší hodnoty byly naměřeny ve svalovině ryb krmených pšenicí a triticale.

Graf 4.4.1b Průměrné hodnoty PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku); $F = 3,38969$; $p = 0,031730$



V tabulce 4.4.1 je znázorněn výsledek zjišťování rozdílů ($p < 0,05$) v podílu PUFA z celkového tuku ve svalovině ryb krmených kukuřicí, pšenicí, triticale a bez přikrmování.

Tabulka 4.4.1

Tukey HSD test; variable PUFA (Spreadsheet1)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 5,2039, df = 28,000					
Cell No.		{1}	{2}	{3}	{4}
		kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
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	

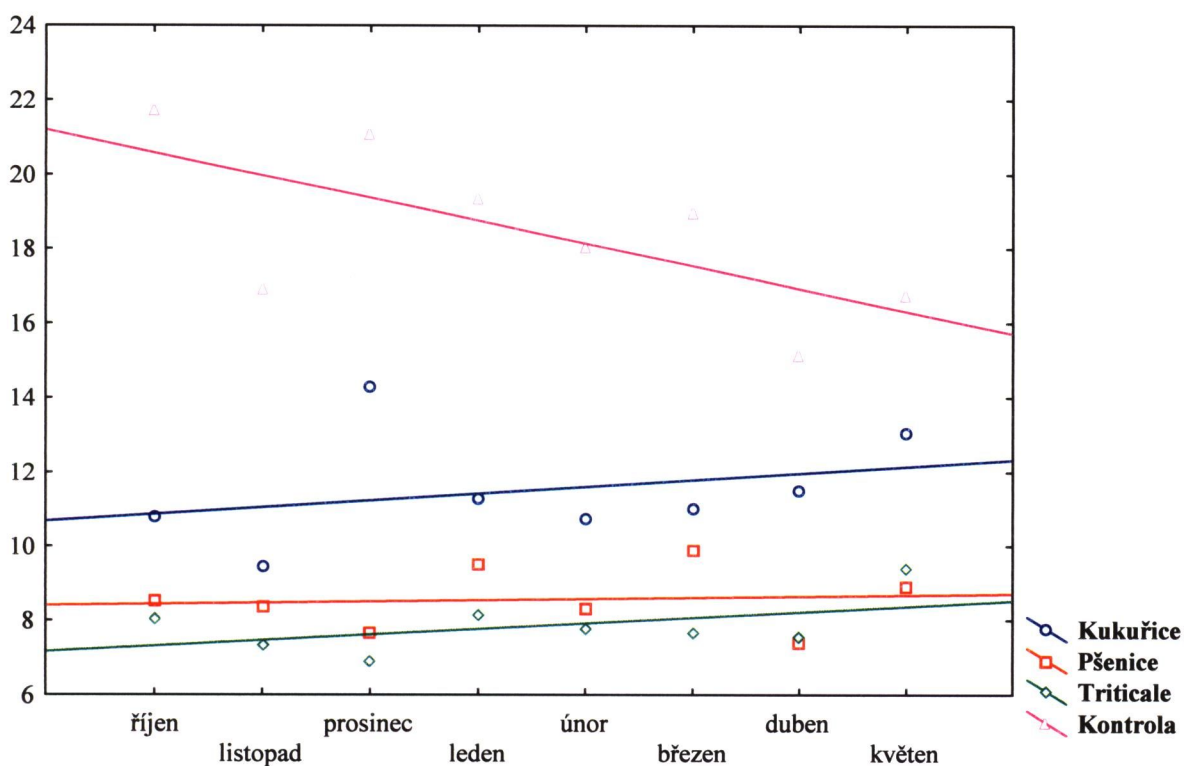
* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Ukázalo se, že signifikantní rozdíly ($p < 0,05$) byly zaznamenány pouze mezi tukem ryb nepřikrmovaných a tukem ryb přikrmovaných obilovinami. Z uvedené tabulky dále vyplývá, že nebyly shledány průkazné rozdíly ($p < 0,05$) mezi jednotlivými obilovinami.

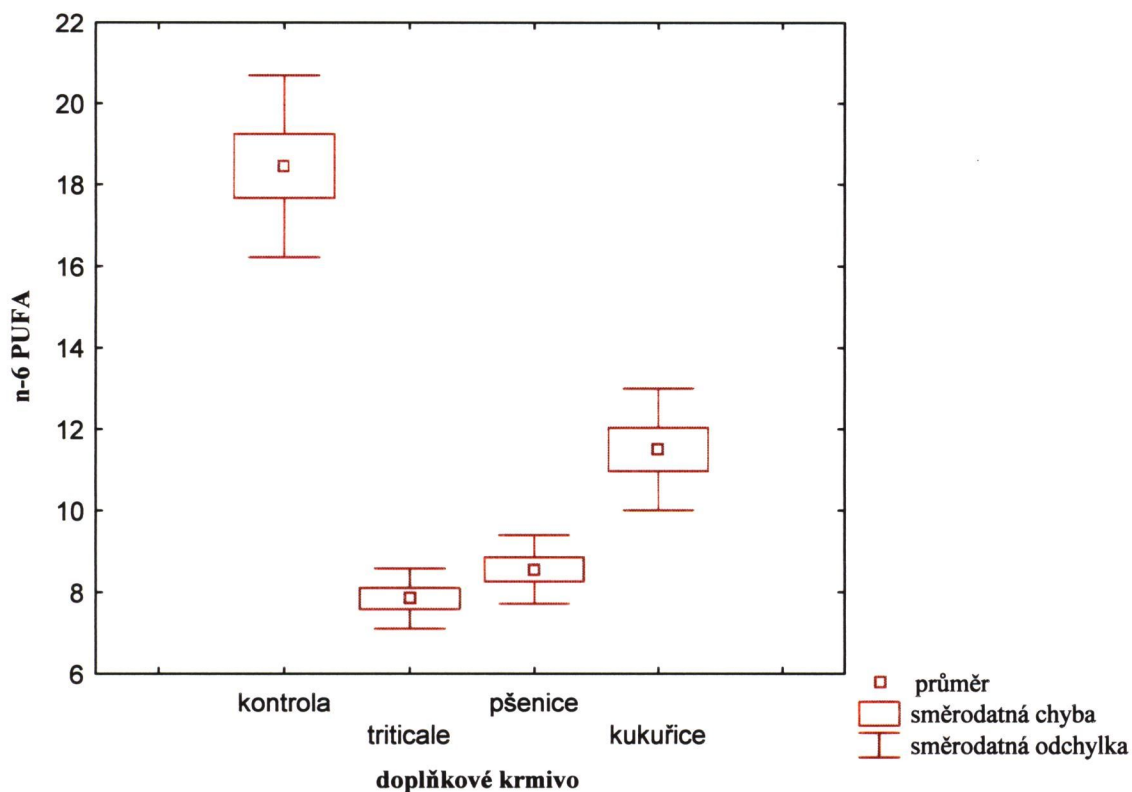
4.4.2 Celkový obsah n – 6 PUFA

Nejvyšší hodnoty byly naměřeny opět u kontrolních ryb. Ve svalovině ryb krmených obilovinami byl zaznamenán nejvyšší podíl n – 6 PUFA z celkového tuku u ryb krmených kukuřicí (viz graf 4.4.2a,b). Také v případě podílu n – 6 PUFA z celkového tuku ve svalovině nepřikrmovaných ryb jsem zaznamenal klesající tendenci. Ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami můžeme pozorovat vzestupnou tendenci těchto hodnot, přičemž nejméně výrazné jsou tyto změny ve svalovině ryb přikrmovaných pšenicí.

Graf 4.4.2a Celkový obsah n – 6 PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 – květen 2004 (v % z celkového tuku)



Graf 4.4.2b Průměrné hodnoty n – 6 PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 – květen 2004 (v % z celk. tuku); F = 3,351339; p = 0,019993



V zastoupení n – 6 PUFA se extenzivně chované ryby a ryby přikrmované kukuřicí liší ($p < 0,05$) od ostatních skupin i mezi sebou navzájem (viz tab. 4.4.2). Nebyl však prokázán statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) ve složení n – 6 PUFA u ryb krměných pšenicí a triticales.

Tabulka 4.4.2

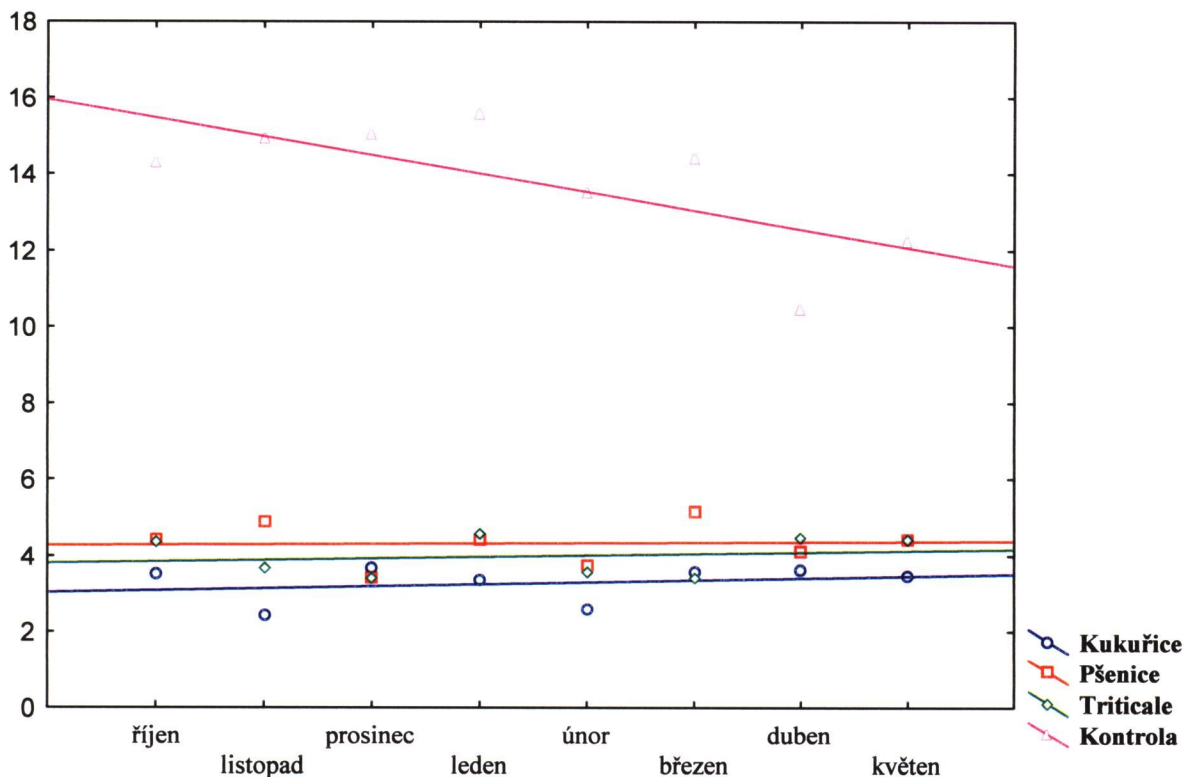
Tukey HSD test; variable n - 6 PUFA (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 2,1210, df = 28,000)					
Cell No.		{1} kukuřice	{2} pšenice	{3} triticales	{4} kontrola
1	kukuřice		0,002106	0,000287	0,000164
2	pšenice	0,002106		0,758985	0,000164
3	triticales	0,000287	0,758985		0,000164
4	kontrola	0,000164	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

4.4.3 Celkový obsah n – 3 PUFA

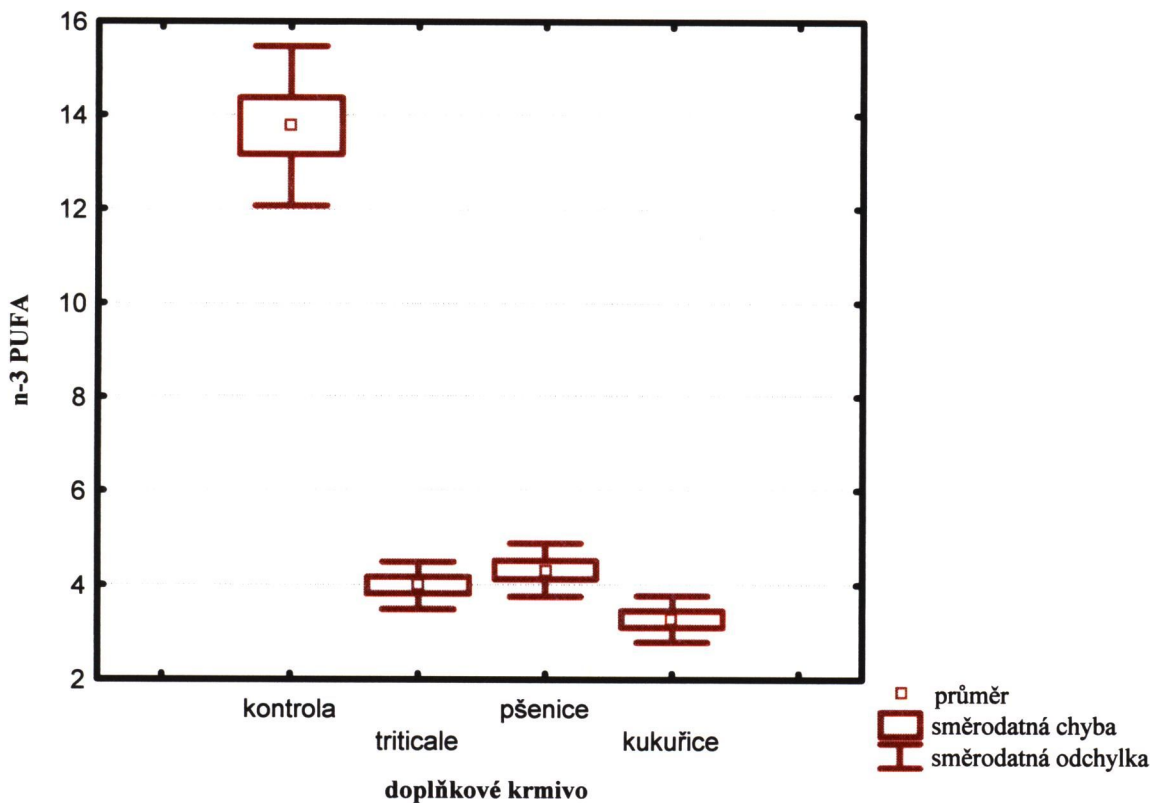
Podíl této skupiny mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině kapra se zdá být, s výjimkou nepříkrmovaných ryb, poměrně stálý.

Graf 4.4.3a Celkový obsah n – 3 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 – květen 2004 (v % z celkového tuku)



V grafu 4.4.3a je patrné, že u nepříkrmovaných 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 extenzivně chovaných ryb. Nejmenší podíl n – 3 PUFA byl naměřen u ryb krmených kukuřicí.

Graf 4.4.3b Průměrné hodnoty n – 3 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 – květen 2004 (v % z celk. tuku)
 $F = 5,465368$; $p = 0,004374$



Obsah vícenenasycených mastných kyselin řady n – 3 se průkazně neliší ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami ($p < 0,05$). Avšak u nepříkrmovaných ryb je podíl n – 3 PUFA odlišný. V tab. 4.4.3 jsou patrné statisticky významné rozdíly v podílu těchto mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině kapra ($p < 0,05$).

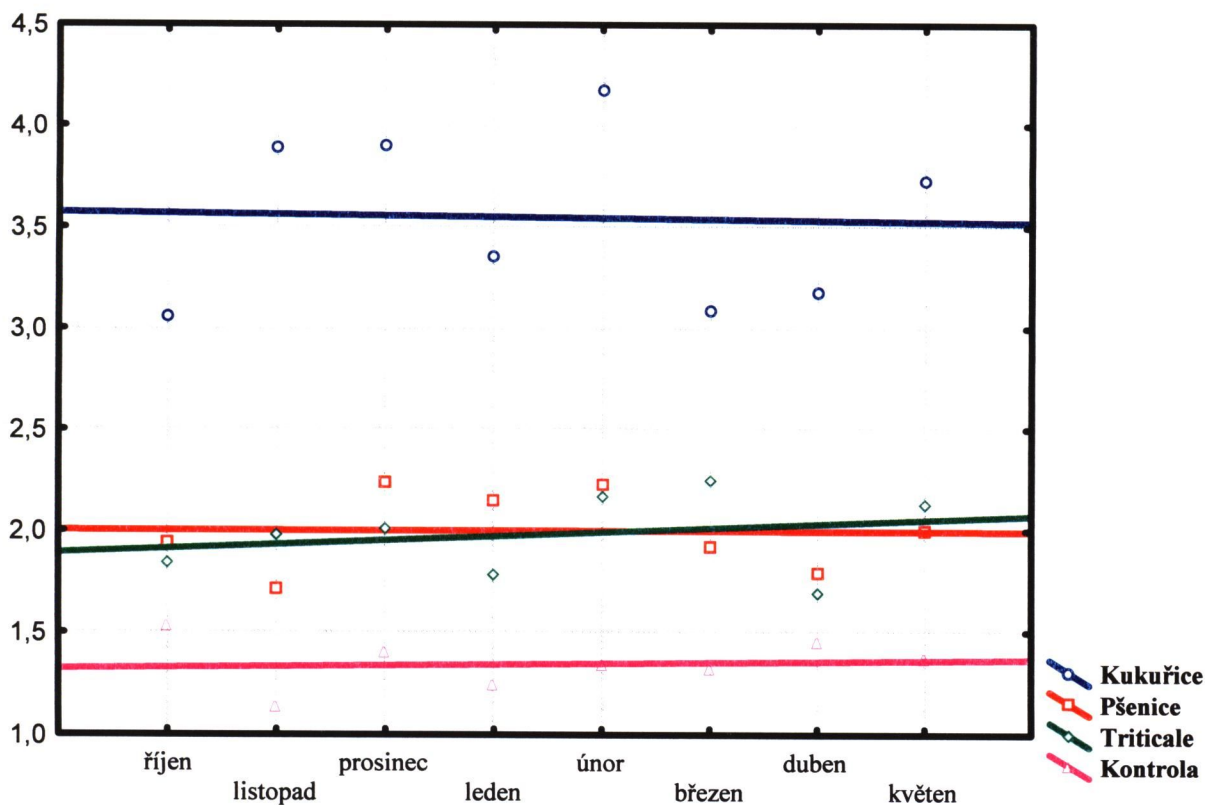
Tabulka 4.4.3

		Tukey HSD test; variable n - 3 PUFA (Spreadsheet: Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,92399, df = 28,000)			
Cell No.		{1} kukuřice	{2} pšenice	{3} triticales	{4} kontrola
1	kukuřice		0,159355	0,463827	0,000164
2	pšenice	0,159355		0,902950	0,000164
3	triticales	0,463827	0,902950		0,000164
4	kontrola	0,000164	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

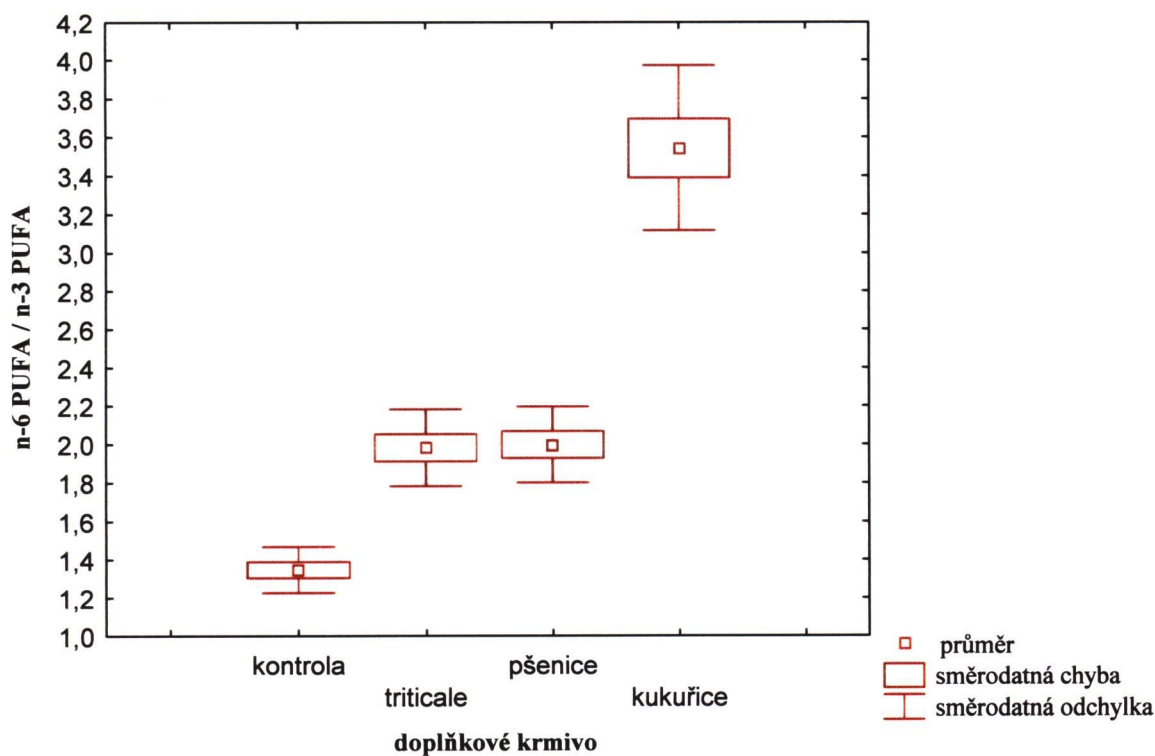
4.4.4 Poměr n – 6 PUFA / n – 3 PUFA

Graf 4.4.4a Poměr n – 6/n – 3 PUFA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 – květen 2004



Nejnižší hodnoty poměru n – 6 a n – 3 PUFA byly zjištěny u nepřikrmovaných ryb (viz graf 4.4.4b). Rozkolísanost hodnot v případě nepřikrmovaných ryb není tak značná jako u ryb krmených kukuřicí, hodnoty se pohybují v rozmezí od 1,1 do 1,5. Naměřené hodnoty poměru n – 6/n – 3 PUFA zůstávaly v průběhu pokusu poměrně konstantní s výjimkou triticale, kde je nejlépe patrná stoupající tendence (viz graf 4.4.4a). U ryb příkrmovaných kukuřicí se však tyto hodnoty pohybují ve velkém rozmezí – od 3,06 v říjnu po 4,17 v únoru. V grafech 4.4.4a,b je dobře vidět, že naměřené hodnoty poměru n – 6 a n – 3 PUFA v celkovém tuku ve svalovině ryb krmených pšenicí a triticale si byly velmi podobné – průměrně 2,0 u ryb krmených pšenicí a 1,98 u ryb příkrmovaných triticale (viz přílohy – tabulka 9.3.5).

Graf 4.4.4b Průměrné hodnoty poměru $n - 6/n - 3$ PUFA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 – květen 2004 $F = 10,39913$; $p = 0,000091$



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 nepřikrmovaných ryb a ryb přikrmovaných kukuřicí se poměrem těchto kyselin liší mezi sebou i od svaloviny ryb krmených pšenicí a triticales ($p < 0,05$). Naproti tomu nebyly zaznamenány statisticky průkazné rozdíly ($p < 0,05$) v poměru $n - 6/n - 3$ PUFA ve svalovině ryb krmených pšenicí a triticales (viz tab. 4.4.4).

Tabulka 4.4.4

Tukey HSD test; variable $n-6/n-3$ PUFA (Spreadsheet)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,06904, df = 28,000					
Cell No.	Var11	{1}	{2}	{3}	{4}
		kukuřice	pšenice	triticales	kontrola
1	kukuřice		0,000164	0,000164	0,000164
2	pšenice	0,000164		0,999311	0,000314
3	triticales	0,000164	0,999311		0,000380
4	kontrola	0,000164	0,000314	0,000380	

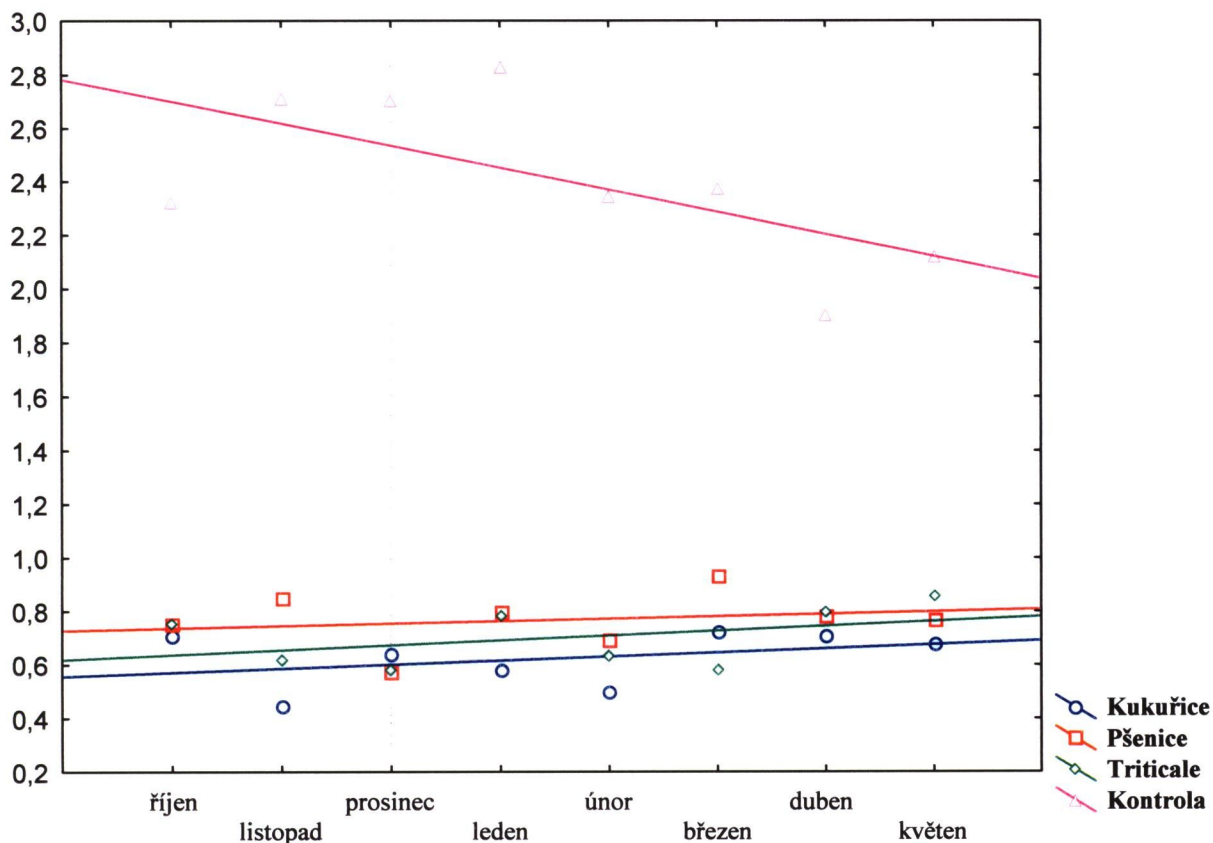
* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

4.4.5 Obsah EPA a DHA ve svalovině ryb

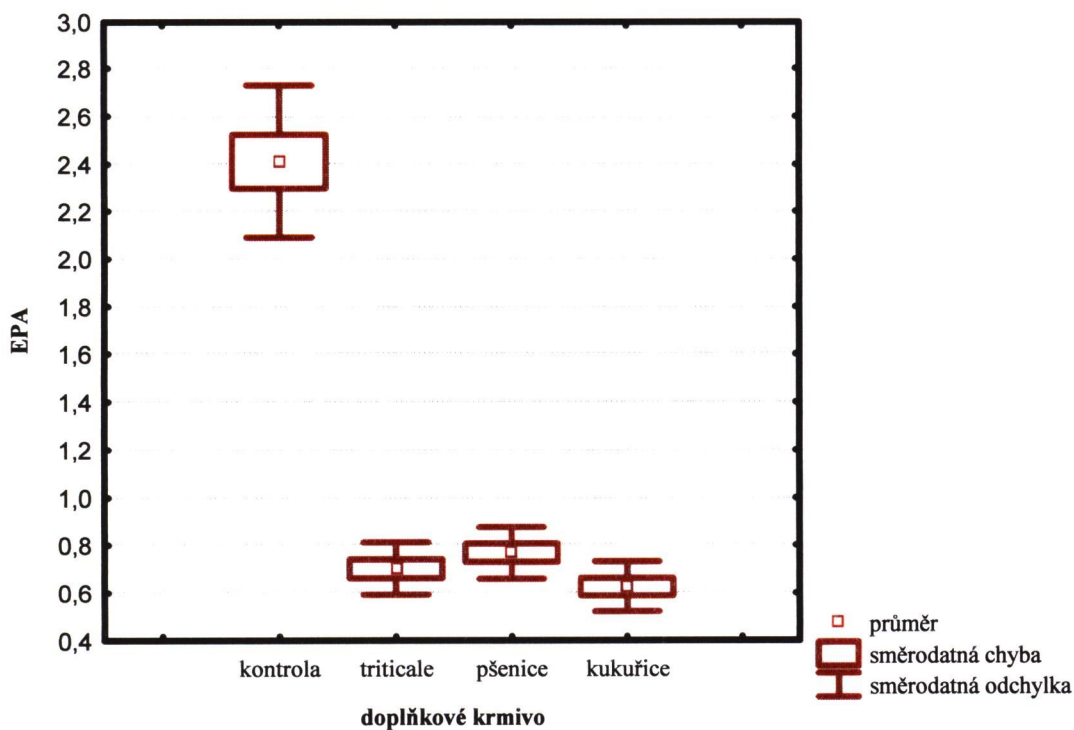
Podíl kyseliny eikosapentaenové (EPA) z celkového tuku ve svalovině má u nepříkrmovaných ryb stejně jako v případě měření PUFA, $n = 6$ a $n = 3$ PUFA klesající tendenci a dosahuje nejvyšších hodnot (viz graf 4.4.5a,b). Hodnoty této mastné kyseliny však stoupají ve svalovině ryb krmených kukuřicí, pšenicí i triticales.

Průběh změn v hodnotách podílu DHA z celkového tuku ve svalovině ryb není zcela jednoznačný. U nepříkrmovaných 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 ve svalovině nepatrně klesá, zatímco ve svalovině ryb krmených triticales nepatrně stoupá. U kukuřice byly zaznamenány nejmenší změny v obsahu této kyseliny.

Graf 4.4.5a Obsah EPA ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami a bez příkrmování v období říjen 2003 – květen 2004 (v % z celkového tuku)



Graf 4.4.5b Průměrné hodnoty EPA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku); $F = 5,755310$; $p = 0,003380$



Hodnoty podílu DHA z celkového tuku naměřené ve svalovině ryb krmených obilovinami jsou si velmi podobné (viz graf 4.4.6a, 4.4.6b a tabulka 9.3.5 v přílohách) – 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 ve svalovině ryb přikrmovaných triticales (viz graf 4.4.6b).

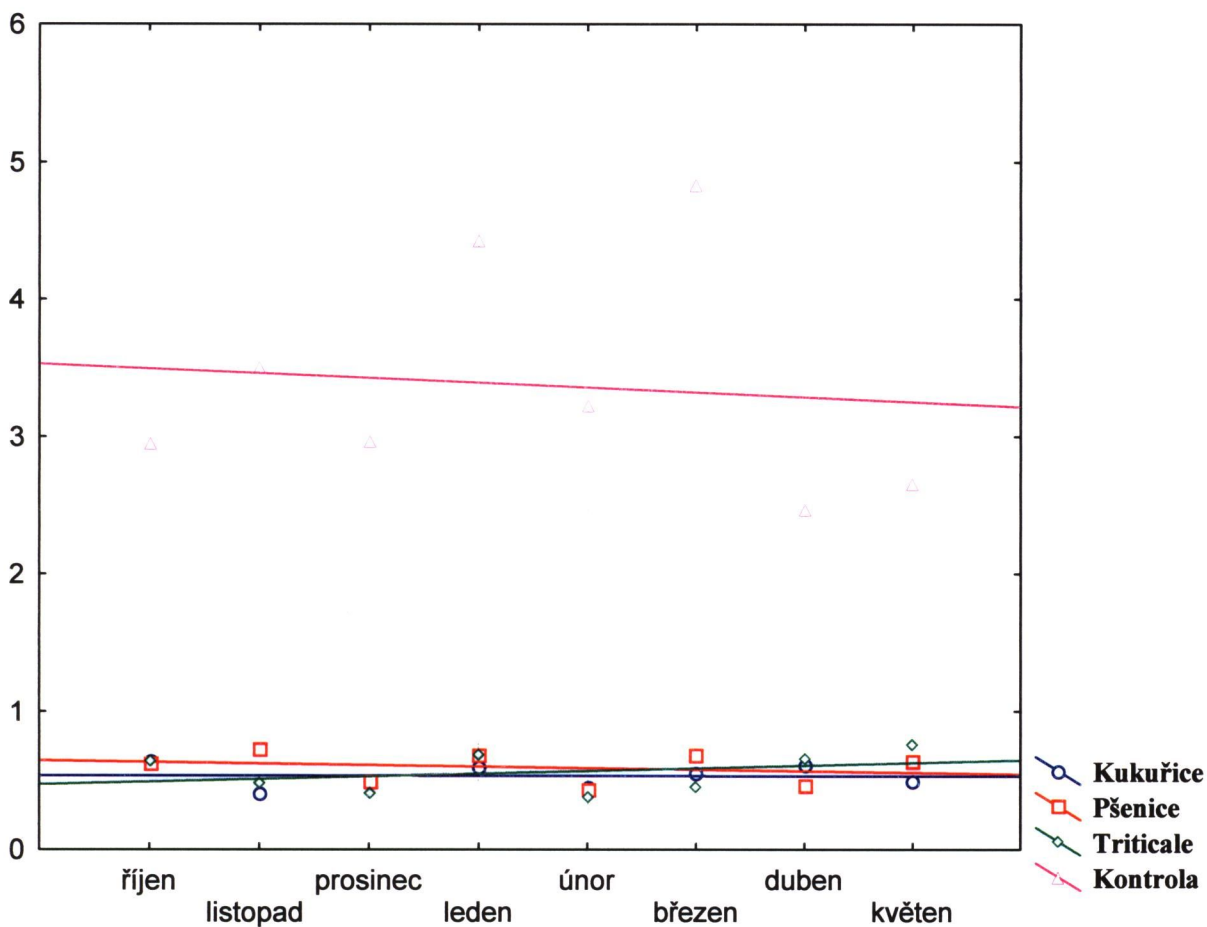
V tabulkách 4.4.5 a 4.4.6 jsou znázorněny výsledky testování průkazných rozdílů ($p < 0,05$) na základě podílu EPA (4.4.5) a DHA (4.4.6) z celkového tuku ve svalovině kapra obecného. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) v podílu EPA a DHA z celkového tuku ve svalovině ryb krmených libovolnou obilovinou. Avšak stejně jako ve všech předchozích případech, také z hlediska podílu EPA a DHA z celkového tuku se svalovina nepřikrmovaných ryb liší ($p < 0,05$) od svaloviny ryb přikrmovaných kukuřicí, pšenicí nebo triticales.

Tabulka 4.4.5

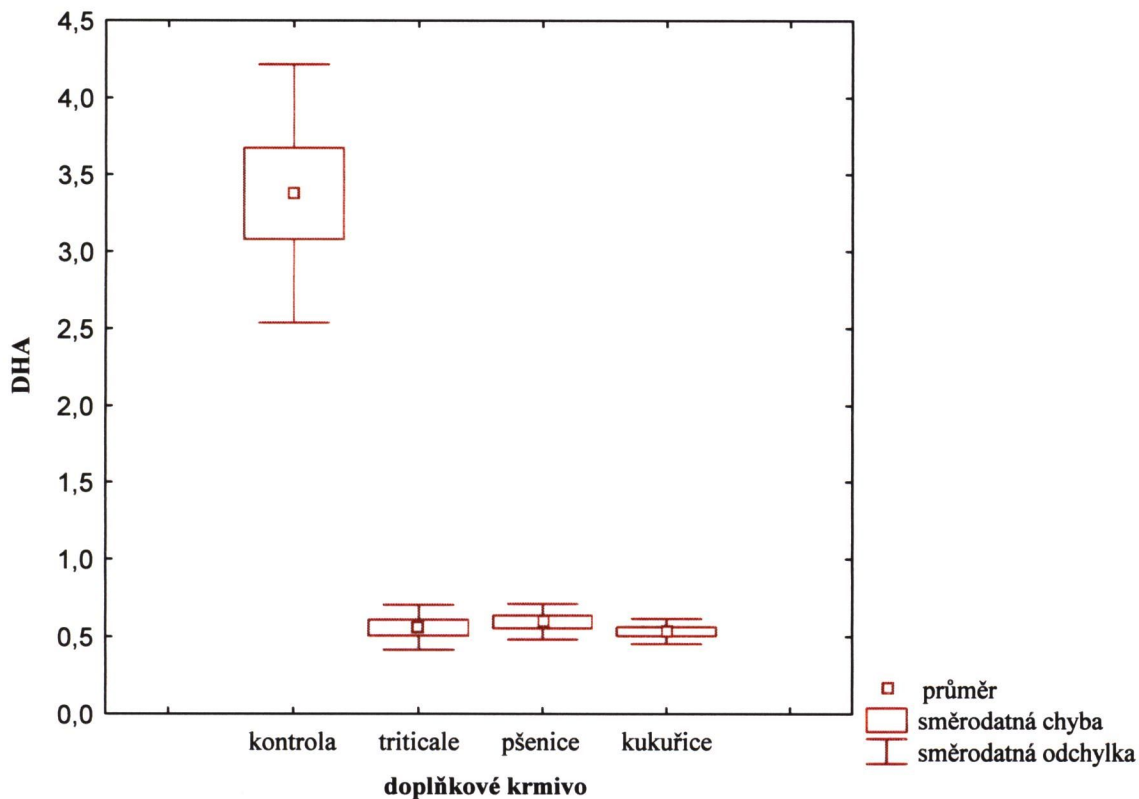
Tukey HSD test; variable EPA (statistikaPUFA) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03413, df = 28,000					
Cell No.		{1} kukuřice	{2} pšenice	{3} triticale	{4} kontrola
1	kukuřice		0,429199	0,842652	0,000164
2	pšenice	0,429199		0,890703	0,000164
3	triticale	0,842652	0,890703		0,000164
4	kontrola	0,000164	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

Graf 4.4.6a Obsah DHA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku)



Graf 4.4.6b Průměrné hodnoty obsahu DHA ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování v období říjen 2003 - květen 2004 (v % z celkového tuku); $F = 11,34115$; $p = 0,000048$



Tabulka 4.4.6

		Tukey HSD test; variable DHA (statistikaPUFA)			
		Probabilities for Post Hoc Tests			
		Error: Between MS = ,18717, df = 28,000			
Cell No.		{1}	{2}	{3}	{4}
		kukuřice	pšenice	tritcale	kontrola
1	kukuřice		0,991760	0,999519	0,000164
2	pšenice	0,991760		0,998207	0,000164
3	tritcale	0,999519	0,998207		0,000164
4	kontrola	0,000164	0,000164	0,000164	

* červeně vyznačené hodnoty značí průkaznost rozdílu

5. DISKUSE

Nejvyšší hodnoty podílu vícenenasycených mastných kyselin z celkového tuku ve svalovině ryb byly naměřeny v extenzivně chovaných rybách (PUFA; průměr $34,12 \pm$ směrodatná odchylka $3,47 \%$), $n - 6$ ($18,46 \pm 2,09 \%$) 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 4.4.1a,b 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 triticales ($13,04 \pm 1,10$ 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 triticales ($3,99 \pm 0,47$). Zdá se, že hodnoty podílu PUFA z celkového tuku ve svalovině kapra se pohybují ve velice širokém rozmezí. Bieniarz (2000) naměřil hodnoty $11,6 - 15,7 \%$ z celkového tuku, ale Geri (1995) udává $32,3 - 34,5 \%$. Vácha a Tvrzická 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 z celkového tuku ve svalovině kapra 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 (1978), Sýkora a Valenta (1978), Kim a Lee (1986) a Vácha a Tvrzická (1995) naměřili také srovnatelné hodnoty $n - 6$ PUFA, ale uvádí výrazně vyšší hodnoty podílu $n - 3$ PUFA (viz tab. 2.4.1) z celkového tuku ve svalovině, než jaké byly zjištěny v této práci.

U nepřikrmovaných 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 (viz graf 3.2). Takeuchi (1987) zjistil stejné změny u ryb krmených energeticky bohatými krmivy a následně ponechanými čtyři měsíce hladovět – došlo k poklesu bílkovin ve svalovině a viscerálního lipidu, zároveň však došlo k významnému 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 nepřikrmovaných ryb vykazuje nejnižší hodnoty ($1,35 \pm 0,11$) tohoto poměru. Poměr $n - 6/n - 3$ PUFA u ryb krmených pšenicí a triticales činil $2,00 \pm 0,18$ a $1,98 \pm 0,19$ (viz graf 3.4). Fajmonová (2003) a Geri (1995) zaznamenali srovnatelné průměrné hodnoty tohoto poměru (2,00 a 2,13) ve svalovině ryb krmených pšenicí, oproti tomu Kinsella (1978), Sýkora a Valenta (1978), Kim a Lee (1986) a Vácha a Tvrzická (1995) uvádějí hodnoty tohoto poměru menší než 1.

V případě sledovaných esenciálních mastných kyselin řady $n - 3$, kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (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 esenciálních mastných kyselin v mase ryb krmených glycidovými krmivými zaznamenali také Csengeri aj. (1978), Farkas (1978), Watanabe aj. (1981), Runge (1987), Schwarz aj. (1988), Csengeri a Farkas (1993), Csengeri (1996).

Z ryb přikrmovaných 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 $0,7 \pm 0,1$ % a $0,56 \pm 0,14$ % z celkového tuku ve svalovině ryb. Fajmonová (2003) naměřila ve svalovině ryb přikrmovaných pšenicí obsah EPA 1,05 % a DHA 1,07 % z celkového tuku. Vácha a Tvrzická (1995) naměřili 2,38 % EPA a 2,48 % DHA z celkového tuku. Srovnatelné hodnoty jsem zjistil ve svalovině nepřikrmovaných ryb, avšak ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami jsem naměřil hodnoty výrazně nižší. Také Kinsella (1978), Sýkora a Valenta (1978) a Kim a Lee (1986) uvádějí výrazně vyšší hodnoty podílu EPA a DHA z celkového tuku ve svalovině kapra (viz tab. 2.4.1).

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 (2001), vliv rozdílných zdrojů energie – Takeuchi (1978, 1987) a Csengeri (1996), vliv přijímané potravy – Ahlgreen aj. (1996), Steffens a Wirth (2005), Kmínková (2001) a další. Následkem toho se naměřené hodnoty pohybují v širokém rozmezí. Při interpretaci získaných údajů je nutné brát v úvahu, jaká je úroveň činitelů ovlivňujících složení rybího tuku.

6. ZÁVĚR

Na základě shromážděných údajů jsem posoudil vliv příkrmovaných obilovin na obsah mastných kyselin ve svalovině kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.). Zjistil jsem, že svalovina ryb příkrmovaných obilovinami vykazuje prokazatelně nižší hodnoty podílu vícenenasycených mastných kyselin (PUFA), $n - 6$ a $n - 3$ PUFA z celkového tuku a také vyšší hodnoty poměru $n - 6/n - 3$ PUFA ($p < 0,05$) než svalovina ryb nepřikrmovaných (PUFA – průměr $34,12 \pm$ směrodatná odchylka $3,47$ %; $n - 6$ PUFA - $18,46 \pm 2,09$ % a $n - 3$ PUFA - $13,77 \pm 1,59$ %; $n - 6/n - 3$ PUFA - $1,35 \pm 0,11$). V případě sledovaných esenciálních mastných kyselin řady $n - 3$, kyseliny eikosapentaenové (EPA) a dokosahexaenové (DHA), byly naměřené 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. Hodnoty naměřené u nepřikrmovaných ryb měly v průběhu pokusu klesající tendenci, oproti tomu ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami jsem zaznamenal spíše zvyšování podílu PUFA, $n - 3$ PUFA, $n - 6$ PUFA, EPA a DHA z celkového tuku. Podle mého názoru je to způsobeno rozdílným obsahem celkového tuku ve svalovině ryb příkrmovaných obilovinami v porovnání s obsahem celkového tuku ve svalovině ryb chovaných extenzivním způsobem (bez příkrmování). Vejsada aj. (2005) zjistili rozdílný obsah celkového tuku ve svalovině ryb příkrmovaných kukuřicí (13,26 %), pšenicí (11,22 %), triticales (9,72 %) a ve svalovině ryb nepřikrmovaných (1,76 %).

Ve svalovině ryb krmených pšenicí a triticales jsem zjistil prokazatelně ($p < 0,05$) nižší obsah $n - 6$ PUFA ($8,57 \pm 0,79$ % a $7,85 \pm 0,69$ %) a nižší hodnoty poměru $n - 6/n - 3$ PUFA ($2,00 \pm 0,18$ a $1,98 \pm 0,19$) než ve svalovině ryb krmených kukuřicí ($n - 6$ PUFA - $11,52 \pm 1,4$ %; $n - 6/n - 3$ PUFA - $3,54 \pm 0,4$). U ostatních sledovaných mastných kyselin jsem nezaznamenal statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$) v podílu těchto kyselin z celkového tuku ve svalovině ryb krmených 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 příkrmovaných triticales 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 krmených

kukuřicí. Uvedené rozdíly však nebyly statisticky významné ($p < 0,05$). Soudím, že ryby přikrmované obilovinami využívají přirozené potraviny, která je zdrojem těchto kyselin, ve stejné míře a rozdíly v zastoupení mastných kyselin v rybím tuku jsou tedy způsobeny rozdílnou úrovní obsahu celkového tuku ve svalovině přikrmovaných ryb.

Sledoval jsem také přítomnost cholesterolu ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování a z výsledků analýzy celkového tuku jsem zjistil, že ve svalovině nepřikrmovaných ryb bylo přítomné relativně nepatrné množství cholesterolu. Ve svalovině ryb krmených kukuřicí, pšenicí nebo triticales jsem však zaznamenal vyšší výskyt cholesterolu v porovnání se svalovinou ryb nepřikrmovaných.

Z hlediska podílu PUFA, $n - 3$ PUFA, EPA a DHA z celkového tuku jsem neprokázal významné rozdíly ($p < 0,05$) ve svalovině ryb krmených kukuřicí, pšenicí nebo triticales. Ve svalovině ryb krmených pšenicí a triticales jsem však zaznamenal nižší podíl $n - 6$ PUFA z celkového tuku a nižší hodnoty poměru $n - 6/n - 3$ PUFA než ve svalovině ryb přikrmovaných kukuřicí. Podle mého názoru je to způsobeno rozdílným obsahem celkového tuku v původní sušině obilovin a odlišnou skladbou mastných kyselin v tuku přikrmovaných obilovin. V tuku pšenice a triticales byly změřeny několikanásobně vyšší hodnoty kyseliny α - linolenové (ALA, C18:3n3) a nižší hodnoty kyseliny olejové (OA, C18:1) než v tuku kukuřice. Na základě skutečností zjištěných v této práci lze říci, že přikrmování kaprů pšenicí nebo triticales nezapříčiňuje významné rozdíly ($p < 0,05$) v podílu PUFA, $n - 6$ PUFA, $n - 3$ PUFA, EPA, DHA a v poměru $n - 6/n - 3$ PUFA z celkového tuku ve svalovině těchto ryb. Oproti tomu svalovina kaprů přikrmovaných 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. Ve všech případech však svalovina ryb vykazuje díky obsahu sledovaných mastných kyselin vysokou nutriční hodnotu.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Ahlgreen, G., Sonestem, L., Boberg, M., Gustafsson, I. B.: Fatty acids content of some freshwater fish in lakes of different trophic levels bottom up effect. *Ecol. Freshwat. Fish.*, 1996, vol.5, č. 1, s. 15 – 27.

Ahlgreen, G., Blomqvist, P., Boberg, M., Gustafsson, I., B.: Fatty acid content of the dorsal muscle - an indicator of fat quality in freshwater fish. *Journal of Fish Biology*, 1994, vol. 45, č. 1, s. 131.

Bieniarz, K., Koldras, M., Kaminski, J., Mejza, T.: Fatty acids and cholesterol in some freshwater fish species in Poland. *Folia Univ. Agric. Stetin*, 2000, vol. 27, p. 21-44.

Carrier, H., Bernard, A., Caselli, C.: Digestion and absorption of polyunsaturated fatty acids. *Reprod. Nutr. Dev.*, 1991, 31, s. 475 – 500.

Carter, J., F.: Potencial of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. *Cereal Foods World*, 1993, č. 10, s. 753 - 758.

Cave, W., T., J.: Dietary n-3 (omega-3) polyunsaturated fatty acid effects on animal tumorigenesis. *FASEB J.*, 1991, 5, 2160 – 2166.

Connor, W., E.: Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2000, 71 (suppl.), s. 171-175.

Csengeri, I.: Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. *Arch. An. Nutr.*, 1996, vol. 49, p. 73-92.

Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F. a): *Rybníkářství*. 3. vyd., Informatorium, Praha, 1998, s. 40 – 41.

Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F. b): *Rybníkářství*. 3. vyd., Informatorium, Praha, 1998, s. 136 – 150.

Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F. c): *Rybníkářství*. 3. vyd., Informatorium, Praha, 1998, s. 42 – 43.

Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F. d): *Rybníkářství*. 3. vyd., Informatorium, Praha, 1998, s.232-249.

Edmonson, W., T.: Reproductive rates of planktonic rotifers as related to food and temperature in nature. *Ecol. Monogr.*, 1964, 35: 61-111.

Faina, R.: Využívání přirozené potravy kaprem v rybnících. Edice metodik VÚRH Vodňany, 1983, č.8: 1-15.

- Fajmonová, E., Zelenka, J., Komprda, T., Kladroba, D., Šarmanová, I.:** Effect of sex, growth intensity and heat treatment on fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) fillets. Czech J. Anim. Sci, 2003, 48, (2): 89 – 92.
- Farkas, T., Csengeri, I.:** Biosynthesis of fatty acids by thai carp, (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), in relation to environmental temperature. Lipids, 1976, vol. 11, p. 401-407.
- Farkas, T., Csengeri, I., Majorov, F., Oláh, J.:** Metabolism of fatty acids in fish. II. Biosynthesis of fatty acids in relation to diet in the carp, (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758). Aquaculture, 1978, vol. 14, p. 57-65.
- Geri, G., Poli, B., Gualtieri, M., Lupi, P., Parisi, G.:** Body trakte and chemical composition of muscule in the carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758), as influenced by age and rearing environment. Aquaculture, 1995, vol. 129, p. 329-333.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Métailler, R.:** Nutrition and Frediny of Fish and Crustaceans. 1st ed., Chichester: Praxi Publishing Ltd., 2001, p. 408.
- Horrobin, D., F.:** Medical role of metabolite of precursor EFA. INFORM, 1995, č.4, s. 187 - 188.
- Itakura, H.:** Dietary treatment of atherosclerosis. Nippon Rinsho, 1993, 51, s. 2086 – 2094.
- Kim, K., S., Lee, E., H.:** Food components of wild cultured fresh water fishes. Bull. Korean Fish. Soc., 1986, vol. 19, p. 195-211.
- Kinsella, J., E., Shimp, J., L., Mai, J.:** The proximate and lipid composition of several species of freshwater fishes. N.Y. Food and Life Sci. Bull., 1987, vol. 69, p. 1-20.
- Kmínková, M., Winterová, R., Kučera, J.:** Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. Czech J. Food Sci., 2001, 19, p. 177 – 181.
- Kořínek, V., Fott, J., Fuksa, J., Lellák, J., Pražáková, M.:** Carp ponds of central Europe. – in: MICHAEL, R. G. [ed] Managed aquatic ecosystems., Ecosystems of the World, 1987, vol. 29, Elsevier Amsterdam, p. 29 – 63.
- Kunešová, M.:** Jak by mělo vypadat složení tuku v nových VDD. Výživa a potravina, 1999, 54, č. 6, s. 187 – 188.
- Newton, I., S.:** Polyunsaturated fatty acids in diet and health. Chemistry and Industry, 1997, č.8, s. 302 - 305.
- Pokorný, J.:** Velký encyklopedický rybářský slovník. Nakladatelství Fraus, Plzeň, 2004, s. 283-304.

- Schlott-Idl, K.:** Development of zooplankton in fishponds of the Waldviertel (Lower Austria), *J. Appl. Ichtyol.*, 1991, 7, Verlag Paul Payer, Hamburg und Berlin 223-229.
- Steffens, W., Wirth, M., Fuellner, G., Reader, J.:** Fatty acid composition of tench (*Tinca tinca* L.) under different nutritional conditions. *Polish Archives of Hydrobiology*, 1998, 45, č. 3, s. 353-359.
- Steffens, W., Wirth, M.:** Cyprinids as a valuable source of essential fatty acids for human health: A review. *Asian-Fish-Sci*, 1997, 10, č. 1, s. 83-90.
- Steffens, W., Wirth, M.:** Influence of nutrition on the fatty acid composition of pond fish: carp and tench. *New challenges of pond aquaculture - Book of abstracts*, 2005, s. 68.
- Steffens, W.:** Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 1997, 151, č. 1-4, s. 97-119.
- Sýkora, M., Valenta, M.:** Lipidy rybníčních ryb čeledi *Cyprinidae*. *Živ. Výr.*, 1978, roč. 23, s. 811-824.
- Takeuchi, T.:** Essentials fatty acid requirements in carp. *Arch. An. Nutr.*, 1996, vol. 49, p. 23-32.
- Takeuchi, T., Watanabe, T.:** Requirement of carp for essential fatty acids. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1977, vol. 43, p. 451-551.
- Takeuchi, T., Watanabe, T.:** The effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of car pand rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1982, vol. 48, p. 1307-1316.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogiono, C.:** Use of hydrogenated fish oil and beef tallow as a dietary energy source for car pand rainbow trout. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1978, vol. 44, p. 875-881.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Satoh, S., Ida, T., Yaguchi, M.:** Change in proximate and fatty acid cimposition of carp fed low protein – high energy diets due to starvation dutiny winter. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1987, vol. 53, p. 1425-1429.
- Tocher, D., R., Dick, J., R.:** 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, vol. 21, p. 257-267.
- Tocher, D., R., Dick, J., R.:** Essentials fatty acid deficiency in freshwater fish: The effects of linoleic, alpha-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.*, 2000, vol. 22, p. 67-75.

- Tocher, D., R., Dick, J., R.:** 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 the cell culture model. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essentials Fatty Acids*, 2001, vol. 64, p. 11-22.
- Uauy, R., Mena, P.:** Lipids and neurodevelopment. *Nutrition Reviews*, 2001, 59(8), p. 34-45.
- Vácha, F., Tvrzická, E.:** 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.*, 1995, vol. 42, p. 151-157.
- Vance, D., E., Vance, J.:** Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes. *New comprehensive biochemistry*, 1991, vol. 20, p. 141 – 169.
- Vejsada, P., Vácha, F., Hůda, J.:** Vliv obilných krmiv na obsah tuku ve svalovině tržního kapra (*Cyprinus carpio*). 2005, Sborník příspěvků z mezinárodní konference studentů DSP, *Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích*, s. 121.
- Viola, S., Amidan, G.:** Observations on the accumulation of fat in carp and sarothredon (tilapia) fed oil – coated pellets. 1980, *Badmidgeh*, 32 (2): s. 33 – 40.
- Velíšek, J. a):** *Chemie potravin*. 2. vyd., 2002, s. 74 – 78.
- Velíšek, J. b):** *Chemie potravin*. 2. vyd., 2002, s. 80 – 83.
- Vodrážka, Z.:** Živý systém jako chemický stroj. *Biochemie*. 1. vyd., 1992, s. 63 – 65.
- Voldřich, M., Dobiáš, J.:** Nutriční význam rybího tuku a jeho změny během zpracování ryb. *Průmysl potravin*, 42, 1991, č. 6, s. 280 - 282.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Wada, M.:** Dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 1981, vol. 47, p. 1585-1590.
- Yingst, W., L., Stickney, R., R.:** The effect soft dietary of lipids on fatty acid composition of channel catfish fry. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 1979, 108: s. 610 – 625.
- Yu, T., C., Sinhuber, R., O., Putnam T., P.:** Effects of dietary lipids on fatty acid composition of body lipids in rainbow trout. *Lipids*, 1977, 12: s. 495 – 499.

9. PŘÍLOHY

9.1 Výsledky krmného pokusu a živinový rozbor příkrmovaných obilovin

9.1.1 Výsledky krmného pokusu

Rybnik (krmivo)	Výlov podzim 2003			Přírůstek 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
Baštyř (kontrola)	598	831	1,39	103	0,172	0

RKK = relativní krmný koeficient

9.1.2 Obsah základních živin v příkrmovaných obilovinách (v % z původní sušiny)

Vzorek	Původní sušina	Dusíkaté látky	Tuk	Vláknina	Popel	BNLV
pšenice	87,66	12,73	1,33	2,90	1,50	69,20
triticale	87,58	8,86	1,50	2,70	1,80	72,72
kukuřice	88,68	8,86	4,53	2,70	1,33	71,26

9.2 Složení mastných kyselin ve svalovině kapra (v % z celk. tuku)

Tabulka 9.2.1

Pík	VMK	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
2		0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04
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
6		0,32	0,20	0,18	0,25	0,24	0,23	0,18	0,18
7		0,26	0,12	0,17	0,21	0,19	0,24	0,18	0,20
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
11		0,03	0,01	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
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
20		0,13	0,08	0,07	0,09	0,06	0,06	0,12	0,05
21		0,35	0,36	0,35	0,38	0,30	0,35	0,35	0,32
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
28		0,12	0,09	0,11	0,13	0,12	0,14	0,14	0,18
29		0,19	0,09	0,53	0,53	0,03	0,09	0,11	0,07
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

Tabulka 9.2.2

Přk	VMK	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
6		0,20	0,28	0,14	0,16	0,15	0,19	0,23	0,15
7		0,14	0,21	0,10	0,17	0,20	0,19	0,22	0,17
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
11		0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,08	0,07	0,09
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
20		0,19	0,09	0,07	0,09	0,05	0,07	0,05	0,07
21		0,51	0,43	0,41	0,43	0,35	0,43	0,31	0,41
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
28		0,12	0,15	0,09	0,13	0,13	0,12	0,08	0,13
29		0,07	0,10	0,05	0,06	0,04	0,07	0,04	0,08
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

Tabulka 9.2.3

Přk	VMK	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
2		0,06	0,05	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,04
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
6		0,20	0,18	0,13	0,18	0,13	0,14	0,12	0,16
7		0,13	0,16	0,08	0,14	0,14	0,14	0,14	0,18
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
11		0,06	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07
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
20		0,11	0,13	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,06
21		0,44	0,55	0,38	0,43	0,39	0,43	0,36	0,41
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
28		0,10	0,13	0,09	0,13	0,09	0,09	0,08	0,14
29		0,09	0,14	0,05	0,10	0,04	0,06	0,06	0,06
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

Tabulka 9.2.4

Přk	VMK	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
2		0,32	0,26	0,40	0,32	0,34	0,34	0,28	0,27
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
6		0,72	0,68	0,79	1,07	0,63	0,58	0,63	0,55
7		0,65	0,61	0,70	0,97	0,62	0,50	0,56	0,57
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
11		0,15	0,15	0,16	0,21	0,23	0,10	0,11	0,12
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
20		0,09	0,01	0,00	0,00	0,06	0,07	0,05	0,07
21		0,33	0,30	0,18	0,31	0,16	0,08	0,13	0,24
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
28		0,41	0,40	0,32	0,66	0,39	0,41	0,64	0,46
29		0,42	0,30	0,37	0,20	0,08	0,25	0,22	0,21
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

9.3 Souhrn naměřených hodnot mastných kyselin (MK) ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování

Tabulka 9.3.1 Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb – kukuřice

(v % z celkového tuku)

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
n – 6 PUFA	10,81	9,44	14,30	11,29	10,75	11,02	11,48	13,04
n – 3 PUFA	3,53	2,43	3,67	3,37	2,58	3,57	3,61	3,49
n – 6/n – 3 PUFA	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

Tabulka 9.3.2 Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb – pšenice

(v % z celkového tuku)

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
n – 6 PUFA	8,55	8,36	7,69	9,50	8,31	9,87	7,38	8,90
n – 3 PUFA	4,40	4,88	3,42	4,42	3,72	5,15	4,12	4,44
n – 6/n – 3 PUFA	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

Tabulka 9.3.3 Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb – **triticale**

(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
n – 6 PUFA	8,04	7,34	6,90	8,13	7,77	7,69	7,55	9,41
n – 3 PUFA	4,36	3,69	3,43	4,57	3,59	3,41	4,47	4,42
n – 6/n – 3 PUFA	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

Tabulka 9.3.4 Souhrn naměřených hodnot MK ve svalovině ryb – **bez příkrmování**

(v % z celkového tuku)

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
n – 6 PUFA	21,66	16,88	21,05	19,32	18,00	18,95	15,13	16,70
n – 3 PUFA	14,24	14,91	15,00	15,54	13,45	14,35	10,44	12,19
n – 6/n – 3 PUFA	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

Tabulka 9.3.5 Průměrné hodnoty vícenenasycených mastných kyselin (PUFA) ve svalovině ryb přikrmovaných obilovinami a bez přikrmování (v % z celk. tuku)

	kukuřice		pšenice		triticale		kontrola	
	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka	průměr	směrodatná odchylka
PUFA	15,96	1,79	14,09	1,31	13,04	1,10	34,12	3,47
n - 6 PUFA	11,52	1,40	8,57	0,79	7,85	0,69	18,46	2,09
n - 3 PUFA	3,28	0,46	4,32	0,53	3,99	0,47	13,77	1,59
n - 6/n - 3 PUFA	3,54	0,40	2,00	0,18	1,98	0,19	1,35	0,11
EPA	0,62	0,10	0,77	0,10	0,7	0,10	2,41	0,30
DHA	0,54	0,08	0,6	0,11	0,56	0,14	3,38	0,79

Tabulka 9.3.6a Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících (v % z celkového tuku)

Měsíc	říjen				listopad			
	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola	kukuřice	pšenice	triticale	kontrola
∑ MK								
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
n - 6 PUFA	10,81	8,55	8,04	21,66	9,44	8,36	7,34	16,88
n - 3 PUFA	3,53	4,40	4,36	14,24	2,43	4,88	3,69	14,91
n - 6/n - 3 PUFA	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
EPA	0,71	0,75	0,75	2,32	0,45	0,85	0,62	2,71
DHA	0,65	0,63	0,64	2,95	0,42	0,73	0,48	3,5

Tabulka 9.3.6b Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících (v % z celkového tuku)

Měsíc	prosinec				leden				
	Σ MK	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
n – 6 PUFA		14,30	7,69	6,90	21,05	11,29	9,50	8,13	19,32
n – 3 PUFA		3,67	3,42	3,43	15,00	3,37	4,42	4,57	15,54
n - 6/n – 3 PUFA		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
EPA		0,64	0,57	0,58	2,7	0,58	0,8	0,78	2,83
DHA		0,5	0,49	0,41	2,97	0,6	0,69	0,69	4,43

Tabulka 9.3.6c Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících (v % z celkového tuku)

Měsíc	únor				březen				
	Σ MK	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
n – 6 PUFA		10,75	8,31	7,77	18,00	11,02	9,87	7,69	18,95
n – 3 PUFA		2,58	3,72	3,59	13,45	3,57	5,15	3,41	14,35
n - 6/n – 3 PUFA		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
EPA		0,5	0,69	0,63	2,34	0,72	0,93	0,58	2,37
DHA		0,45	0,44	0,38	3,22	0,55	0,68	0,45	4,83

Tabulka 9.3.6d Souhrn mastných kyselin ve svalovině ryb v jednotlivých měsících
(v % z celkového tuku)

Měsíc	duben				květen				
	Σ MK	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
n – 6 PUFA		11,48	7,38	7,55	15,13	13,04	8,90	9,41	16,70
n – 3 PUFA		3,61	4,12	4,47	10,44	3,49	4,44	4,42	12,19
n - 6/n – 3 PUFA		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
EPA		0,71	0,78	0,8	1,9	0,68	0,77	0,86	2,12
DHA		0,61	0,46	0,66	2,47	0,5	0,64	0,76	2,65

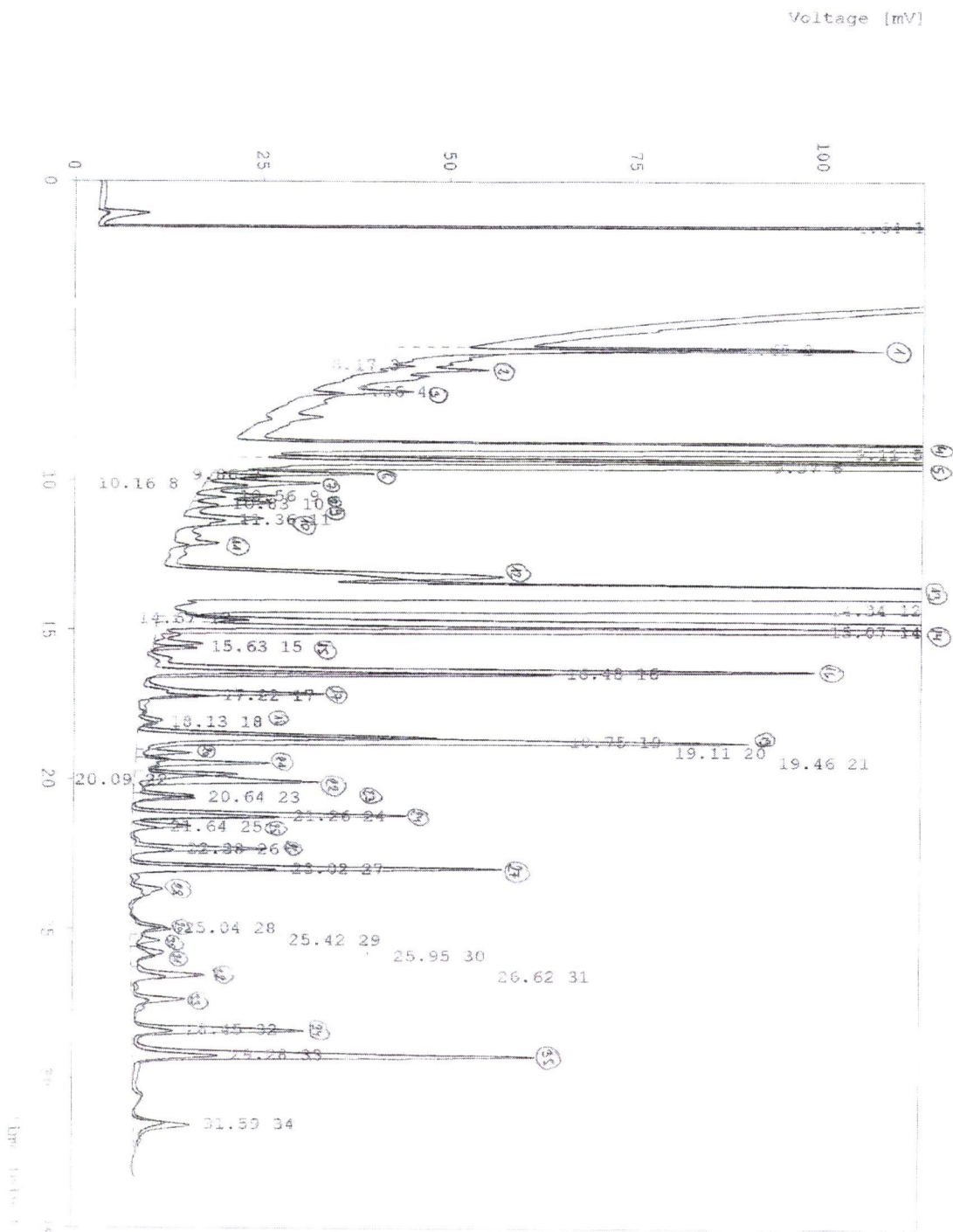
9.4 Složení mastných kyselin v přirozené potravě kapra

Tabulka 9.4.1 Složení mastných kyselin přirozené potravy kapra

(v % z veškerých mastných kyselin)

	Mastná kyselina		Plankton	Bentos
1	myristová	C14:0	1,5065	2,983
2	myristolejová	C14:1	0,1235	0,322
3			1,65725	2,008
4			1,02175	0,944
5	pentadekanová	C15:0	0,8915	0,921
6			0,07825	0,19
7			0,281	0,47
8	palmitová	C16:0	16,15775	15,352
9	palmitolejová	C16:1	7,4165	8,93
10			0,4515	0,812
11			0,7605	0,571
12	hexadekadienová	C16:2n4	0,7795	0,691
13	margarová	C17:0	0,60525	0,218
14	hiragonová	C16:3n4	1,12625	0,37
15	heptadecenová	C17:1	2,18125	1,912
16			1,818	1,649
17			0,40925	0,223
18	stearová	C18:0	3,61475	6,774
19	olejová	C18:1	11,70825	15,801
20	linolová	C18:2n6	5,77075	15,424
21	γ -linolenová	C18:3n6	0,87175	0,437
22	α -linolenová	C18:3n3	15,3365	9,216
23	stearidinová	C18:4n3	4,0575	0,614
24			0,16925	0,144
25	arachová	C20:0	0,047	0,907
26	gadolejová	C20:1n9	0,28075	1,354
27			0,2835	0,621
28	eikosadienová	C20:2	0,176	0,757
29	dihomo- γ -linolenová	C20:3n6	0,29025	0,083
30	arachidonová	C20:4n6	2,932	2,114
31		C20:3n3	0,43925	0,047
32		C20:4n3	1,032	0,123
33	eikosapentaenová (EPA)	C20:5n3	6,96675	3,431
34			0,04175	0,202
35	dokosadienová	C22:2	2,9715	1,782
36		C21:5n3	1,43725	0,923
37	adrenová	(C22:4n6)	0,01475	0,018
38		C22:5n6	0,4755	0,303
39			0,4455	0,166
40	klupanodonová	C22:5n3	0,294	0
41	dokosaheptaenová (DHA)	C22:6n3	3,078	0,193

9.5 Výsledek analýzy složení mastných kyselin metodou plynové chromatografie na přístroji Varian 3300



VYOCESKA UNIVERZITA
 ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
 laboratorní knihovna
 Studentská 13
 200 02 České Budějovice