

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

Ústav akvakultury a ochrany vod

Bakalářská práce

Stravitelnost krmiv pro kapra obecného

Autor: Josef Mareš

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: MSc. Koushik Roy

Studijní program a obor: zootechnika, rybářství

Forma studia: denní

Ročník: třetí

České Budějovice, 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Stravitelnost krmiv u kapra obecného" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Prohlašuji také, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě. Zveřejnění probíhá elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 3. 5. 2019 _____

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu doc. Ing. Janu Mrázovi, Ph.D. a konzultantovi MSc. Koushiku Royovi za metodické vedení, odbornou pomoc, věcné připomínky a cenné rady k vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval celému ústavu akvakultury a ochrany vod za skvělý přístup a odbornou pomoc. V poslední řadě bych rád poděkoval své rodině za trpělivost a dlouhodobou podporu při studiu.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta rybnářství a ochrany vod
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef MAREŠ**
Osobní číslo: **V16B014P**
Studijní program: **B4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Rybnářství**
Název tématu: **Stravitelnost krmiv pro kapra**
Zadávající katedra: **Ústav akvakultury a ochrany vod**

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

Cílem bakalářské práce bude vypracovat literární rešerši zaměřenou na problematiku stravitelnosti různých krmiv a složek přirozené potravy pro kapra a v praxi zjistit, jaká je jejich stravitelnost za různých environmentálních podmínek.

V rámci vypracování BP bude v první řadě zpracována literární rešerše zaměřená na problematiku stravitelnosti různých krmiv a složek přirozené potravy pro kapra. Hlavní kapitoly budou zaměřeny na trávicí trakt kapra, schopnost kapra trávit různé složky potravy, faktory ovlivňující stravitelnost krmiv, sumarizaci dosud naměřených hodnot pro různá krmiva, metody měření stravitelnosti u ryb.

Hlavní náplní práce pak bude praktické testování stravitelnosti krmiv a složek přirozené potravy u kapra. Testovány budou nejprve základní složky potravy kapra za optimálních podmínek. Dále bude zjišťována stravitelnost za různých environmentálních podmínek. Zjištěná data budou porovnána s dostupnou literaturou. Na závěr bude provedeno komplexní zhodnocení systému příkrmování kapra a budou navržena opatření pro jeho vylepšení.

Práce bude probíhat v laboratořích a akvarijních místnostech ÚAOV.

Práce bude finančně podporována projektem CENAKVA, cíl kvalita rybního masa a GAČR projektem 17-09310S Rybníky jako modely pro studium diversity a dynamiky planktonu hypetrofních mělkých jezer.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby (do 10 stran)**
Rozsah pracovní zprávy: **30-50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury: **viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.**
Ústav akvakultury a ochrany vod
Konzultant bakalářské práce: **MSc. Koushik Roy**
Ústav akvakultury a ochrany vod

Datum zadání bakalářské práce: **5. ledna 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2019**


prof. Ing. Pavel Kozák, Ph.D.
děkan

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


doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.
ředitel

V Českých Budějovicích dne 29. ledna 2018

Příloha zadání bakalářské práce

Seznam odborné literatury:

- Bureau, D.P., Kaustik, S.J., Cho, C.Y., 2002. Bioenergetics. In: J.E., Halver and R.W., Hardy (Eds.) Fish nutrition. 3rd edition, Elsevier Science (USA), pp. 1-54.
- Cho, C.Y., Slinger, S.J., 1979. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: Proceedings, World Symposium on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology 2: 239-247.
- Cho, C.Y., Kaushik S.J., 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: Cowey, C.B., Mackie, A.M., Bell, J.G. (Eds.), Nutrition and feeding in fish. Academic Press, London, 95-117.
- Degani, G., Yehuda, Y., Viola, S., Degani, G., 1997a. The digestibility of nutrient sources for common carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus. Aquaculture Research, 28:575-580.
- Degani, G., Viola, S., Yehuda, Y., 1997b. Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp, *Cyprinus carpio* L. Aquaculture Research, 28:23-28.
- Fagbenro, O., 1999. Apparent digestibility of various cereal grain by-products in common carp diets. Aquaculture International, 7:277-281.
- Hossain, M.A., Jauncey, K., 1989. Studies on the protein, energy and amino acid digestibility of fish meal, mustard oilcake, linseed and sesame meal for common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture, 83: 59-72.
- Kirchgessner, M., Kürzinger, H., Schwarz, F.J., 1986. Digestibility of crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture, 58: 185-194.
- Mráz, J., 2012. Review: Stravitelnost krmiv pro ryby. Bulletin VÚRH Vodňany 48 (4): 57-69.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., Kiron, V., 1996. Digestible crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. Fisheries Science, 62(2): 278-282.
- Yamamoto, T., Akimoto, T., Kishi, S., Unuma, T., Akiyama, T., 1998. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling rainbow trout, common carp, and red sea bream. Fisheries Science, 64(3): 448-458.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Literární přehled.....	10
2.1 Trávicí soustava kapra obecného (<i>Cyprinus carpio</i>)	10
2.2 Metabolismus živin u kapra obecného	13
2.2.1 Metabolismus dusíkatých látek.....	14
2.2.2 Metabolismus lipidů	15
2.2.3 Metabolismus sacharidů	16
2.2.4 Metabolismus fosforu	16
2.3 Nutriční nároky kapra obecného.....	17
2.3.1 Bílkoviny	18
2.3.2 Energie	19
2.3.3 Lipidy a mastné kyseliny	19
2.3.4 Sacharidy	20
2.3.5 Fosfor, minerální látky.....	20
2.4 Stravitelnost	21
2.4.1 Rozdělení stravitelnosti	22
2.4.2 Zjišťování stravitelnosti	22
2.4.3 Sběr výkalů	24
2.5 Faktory ovlivňující stravitelnost.....	26
2.5.1 Abiotické faktory	26
2.5.2 Biotické faktory	27
2.6 Vliv stravitelnosti na kvalitu vody.....	28
2.7 Složení a stravitelnost různých druhů krmiv	29
2.7.1 Testovaná krmiva.....	29
3 Metodika	37
3.1 Systém odchovu	37
3.2 Použité ryby pro experiment.....	38
3.3 Podmínky chovu	38
3.4 Formulace testovaného krmiva.....	39
3.5 Postup aplikace krmiva	40
3.6 Sběr a zpracování výkalů	40
3.7 Analýza obsahu živin	41
3.8 Výpočet koeficientu bilanční stravitelnosti.....	42

4	Výsledky	43
4.1	Obsah živin a koeficient bilanční stravitelnosti krmiv	43
4.2	Obsah živin a koeficient bilanční stravitelnosti ingrediencí.....	43
4.3	Stravitelné živiny a energie	46
4.4	Odpadní (nestravitelné) látky	48
5	Diskuze	50
6	Závěr	56
7	Seznam použitých zdrojů	57
8	Seznam tabulek, obrázků a příloh.....	67
9	Abstrakt	75
10	Abstract.....	76

1 Úvod

Smyslem produkčního rybnářství je zajistit využití přírodního potenciálu rybníka a produkovat kvalitní ryby s dobrými ekonomickými výsledky. Chov ryb v rybnících je úzce spjatý s příkrmováním ryb, jelikož většina produkčních vod na našem území je obhospodařovaná v polointenzivním režimu. Přirozená potrava z důvodu nedostatku energie nestačí, proto je potřeba ryby příkrmovat energeticky bohatými krmivy. Nejčastěji se používají obilná zrna. Příkrmování je významnou položkou na seznamu nákladů rybnářských podniků a pro zlepšení ekonomických výsledků nastává otázka, jak efektivněji využívat dostupné přirozené potraviny a doplňkových krmiv. Vhodnost krmiv se kromě zastoupení jednotlivých živin posuzuje pomocí jejich stravitelnosti pro kapra. Stravitelnost vyjadřuje množství využitelných živin v krmivu a je počítána jako rozdíl obsahu živin v krmivu a tuhých výkalech. Stravitelnost se udává v % jako koeficient bilanční stravitelnosti (KBS). Při zjišťování stravitelnosti krmiv získáme údaje o množství stravitelných živin a stravitelné energie, které můžeme porovnat s nutričními nároky kapra a určit vhodnost krmiva. Jak již bylo zmíněno, v České republice je hospodařeno v polointenzivních podmínkách, proto je důležité porovnat vhodnost jednotlivých doplňkových krmiv ve vztahu k přirozené potravě. Na základě zjištěných stravitelných živin a energie v jednotlivých složkách potravy kapra lze pak stanovit nejlepší poměry přirozené potravy a jednotlivých doplňkových krmiv tak, aby došlo k jejich optimálnímu využití.

Na základě stravitelnosti krmiv můžeme také stanovit množství odpadních nestravitelných živin. Nestravitelná část zvyšuje přísun živin do vodního ekosystému, který při překročení maximální absorbovatelné hranice není schopen nadbytek živin zpracovat a může tak docházet k negativním efektům, mezi které se řadí snížení průhlednosti, eutrofizace, kyslíkové deficity apod., což může mít negativní vliv na rybí obsádku i vodní prostředí.

Rybníční hospodářství je často kritizováno jako antropogenní hnací síla eutrofizace rybníků (Pechar, 2000). Současný evropský scénář rozvoje akvakultury se zaměřuje spíše na „ekologickou odpovědnost“ než na pouhé zvyšování produkce. Znalost stravitelnosti krmiv a zlepšení retence dusíku a fosforu z potravy tak může být klíčem k rovnováze cílů v oblasti akvakultury i životního prostředí.

2 Literární přehled

2.1 Trávicí soustava kapra obecného (*Cyprinus carpio*)

Trávicí soustava zprostředkovává příjem potravy, její štěpení na jednodušší látky, vstřebávání živin a jejich využití v organismu pro zajištění důležitých životních funkcí jako je růst, rozmnožování atd. Trávicí soustava také zajišťuje funkci přesunu balastních látek z těla ven. Trávicí soustava kapra není složitého charakteru a má jednoduchou stavbu. Vlastní trávicí soustava se skládá z dutiny ústní, hltanu, jícnu, střevní rozšířeniny, střeva a řitního otvoru. K trávicí soustavě také náleží játra a slinivka břišní (Dubský a kol., 2003).

Dutina ústní (*cavum oris*), Hltan (*pharynx*)

Kapr má vychlípitelná ústa mírně spodního postavení. Svaly úst a ústní dutiny zajišťují jejich pohyb (Bone a Moore, 2008). U kapra jsou ústa lemována 4 vousky (Dvořák a kol., 2014). Sliznice ústní dutiny je pokryta vícevrstevným epitelem. V ústní dutině chybí slinné žlázy, které jsou nahrazeny buňkami pohárkového tvaru produkující sliz, který usnadňuje posun potravy. V ústech a jejich okolí (především na vouscích) je velké množství různých smyslových buněk, hmatových buněk a chuťových pohárků. Sliznice vytváří v oblasti horní a dolní čelisti kožní záhyby, které uzavírají ústa při výdechu (tzv. čelistní záklopy). Hltan spojuje ústní dutinu s jícnem. Je to prostor v žaberní dutině procházející mezi žaberními oblouky. U ryb nemá funkci „rozcestí“ mezi dýchací a trávicí soustavou, neboť navazuje pouze na jícnem (Dvořák a kol., 2014). Hlavní funkcí hltanu je posun potravy směrem do jícnu. V zadní části hltanu se u kapra nachází požerákové kosti nesoucí požerákové zuby. Požerákové zuby se každý rok obměňují (Adámek a kol., 1989). Tento typ zubů má za úkol spolu s bulvou patrovou především drcení potravy, lisování přebytečné vody a odstraňování nevhodných částic. Velcí a staří jedinci tohoto druhu jsou schopni vyvinout až sedmkrát větší sílu požerákovými zuby, než člověk stiskem čelistí (Dvořák a kol., 2014).

Jícen (*oesophagus*)

Lze ho definovat jako krátký a široký vstup do vlastní trávicí trubice, který se umí rozšiřovat podle potřeb (Bone a Moore, 2008). Sliznice jícnu je zřasená, krytá vícevrstevným epitelem. Stěnu jícnu tvoří hladké i příčně pruhované svalstvo obsahující buňky, které produkují sliz (Smith a kol., 1989). Důležitým orgánem, který vznikl jako vychlípenina jícnu, je tzv. plynový měchýř. Ten jakožto hydrostatický orgán umožňuje rybám se volně vznášet ve vodě v různých hloubkách

Střevní rozšířenina (*bulbus intestinalis*)

Tato rozšířenina nahrazuje u některých čeledí ryb, včetně čeledi kaprovitých (*Cyprinidae*), vlastní žaludek. Anatomicky sice žaludek připomíná, ale funguje jako střevo-neuplatňuje se pepsin (Dubský a kol., 2003). Absence žaludku je dána vyústěním žlučového váčku (žluči). Žluč upravuje pH v trávicí soustavě na neutrální až slabě zásadité (Jirásek a kol., 2005). U kapra ústí žlučový váček již za jícnem, což způsobuje neutrální pH v trávicí soustavě. U dravých ryb ústí až za žaludkem, proto je prostředí v žaludku silně kyselé.

Střevo (*intestinum*)

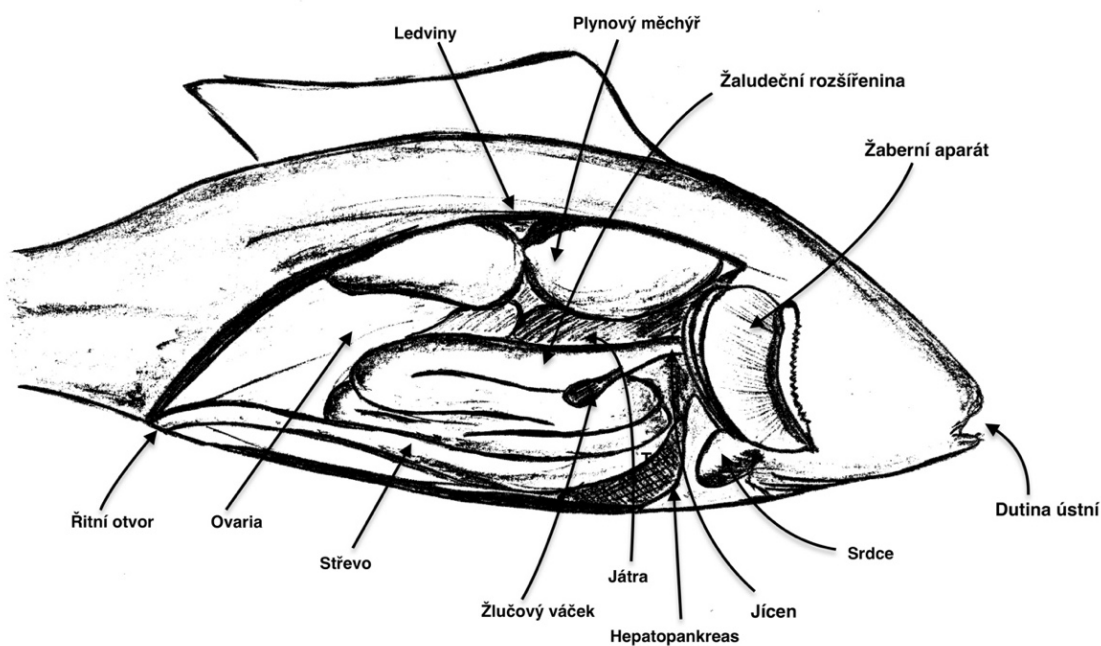
Střevo se skládá z tenkého a tlustého střeva. Obě tyto části se u ryb rozlišují jen velmi obtížně. Střevo je zavěšeno a fixováno v normální poloze v peritoneálním vaku. Z funkčního hlediska lze střevo rozlišit na přední (proximální), střední a zadní (distální) úseky střev. Proximální část zajišťuje vstřebávání tuků, střední část vstřebávání bílkovin a distální část zajišťuje iontovou výměnu s krví a podílí se na osmoregulaci organismu (Dubský a kol., 2003). Stěna střev je tvořena z hladké svaloviny, která zajišťuje pohyb potravy pomocí tzv. peristaltických stahů. Vstřebávací funkci plní jednovrstevný epitel střevní stěny, který díky bohatému prokrvení umožňuje příjem živin ze střeva do krevního řečiště. Tato krev je pak odváděna vrátnicovou žílou do jater. Ve stěně střeva jsou také slizotvorné buňky a žlázy produkující trávicí enzymy. Na začátku ústí do střev vývody slinivky břišní. Lipáza a kolipáza tráví tuky, amyláza tráví škrob a sacharidy. Trypsin, chymotrypsin, karboxypeptidáza a elastáza tráví bílkoviny. Délka střev u kapra činí přibližně 2,5násobek celkové délky těla (Dubský a kol., 2003).

Řitní otvor (*anus*)

Před bází řitní ploutve na přechodu mezi trupem a ocasním násadcem se nachází řitní otvor (Dubský a kol., 2003). Řitní otvor slouží k vyměšování nestrávených zbytků potravy.

Játra (*hepar*), slinivka břišní (*pankreas*)

Játra jsou největší žlázou trávicího ústrojí. Vznikají jako slepý výběžek embryonálního střeva. Základní stavební a funkční jednotkou jater je jaterní buňka, tzv. hepatocyt (Dvořák a kol., 2014). Funkce jater je především detoxikační a metabolická. U kaprovitých ryb se nalézají ve spodní části tělní dutiny mezi klíčkami střev. Součástí jater je tzv. žlučový váček (*vesica fellea*). V něm se hromadí žluč, která je jednak odpadním produktem, jednak emulguje tuky v procesu jejich trávení a také aktivuje lipázu. Velikost jater je v rámci roku proměnlivá. Největší zvětšení pozorujeme na podzim a před výtěrovým obdobím z důvodu hromadění rezervních látek (glykogen, tuky). Játra metabolizují bílkoviny, sacharidy, tuky a produkují glykogen (Evans, 1998). Játra mají obvykle tmavočervenou barvu, ale v zimním období může být až žlutozelená jako následek hromadění žluči. Slinivka břišní působí jako žláza s vnější i vnitřní sekrecí. U kapra bychom jí našli rozptýlenou zejména v játrech, proto také nejde prakticky oddělit a izolovat. Souhrnně je tento útvar označován jako hepatopankreas. Slinivka produkuje tzv. pankreatickou šťávu, která obsahuje trávicí enzymy jako trypsin, lipázu, maltózu, amylázu a další. Tyto enzymy se dostávají následně do střev, kam slinivka ústí. Trypsin štěpí bílkoviny a maltóza štěpí škrob. Mimo to také produkuje jako žláza s vnitřní sekrecí hormony inzulín a glukagon, které slouží jako regulátor hladiny cukru v krvi (Dubský a kol., 2003).



Obrázek č. 1: Schéma trávicího traktu kapra obecného (vlastní zpracování).

2.2 Metabolismus živin u kapra obecného

Proces trávení můžeme rozdělit do tří etap. První je vlastní trávení, při kterém dochází k příjmu látek a oddělování vody, k jejich mletí pomocí požerákových zubů (Jobling, 1995) a štěpení pomocí enzymů na jednoduché stavební látky. Rozmělnění zvětšuje plochu potravy, tím urychluje působení trávicích enzymů a urychluje samotné trávení. Druhá etapa je vstřebávání rozštěpených látek, ke kterému dochází v tenkém střevě přes jeho silně prokrvenou stěnu do krevního řečiště. K třetí etapě zažívání dochází v játrech, kde se přetváří vstřebané látky na látky tělu vlastní. Ty jsou následně distribuovány do organismu (Dvořák a kol., 2014).

Intenzita trávení je ovlivňována mnoha faktory. Největší vliv na trávení má jednoznačně teplota vody, protože kapr jako poikilotermní živočich. Své životní projevy přizpůsobuje teplotě okolního prostředí (Dvořák a kol., 2014). To znamená, že jeho projevy v mimovegetačním období jsou velice zpomalené, téměř stagnují. Naopak během vegetačního období jsou velice aktivní. Z toho vyplývá, že čím vyšší je teplota vody, tím vyšší je intenzita trávení. Při teplotě vody 10 °C je délka trávení potravy 17 hodin, naopak při vyšší teplotě vody 26 °C je délka trávení snížena na 3 hodiny (Maltzan in Schäperclaus, 1961). Kromě teploty vody působí na příjem potravy a intenzitu

metabolismu obsah rozpuštěného kyslíku, salinita vody, její znečištění aj. (Bone a Mooer, 2008). Intenzita trávení záleží také na složení potravy a jejím množství.

2.2.1 Metabolismus dusíkatých látek

Bílkoviny jsou základní složkou všech tkání a orgánů, enzymů i některých hormonů. Bílkoviny se tvoří propojením jednotlivých aminokyselin. Mezi nejdůležitější aminokyseliny patří především esenciální aminokyseliny, které si ryby nedokáží sami syntetizovat. Známe 10 esenciálních aminokyselin: methionin, histidin, lysin, leucin, izoleucin, valin, arginin, tryptofan, fenylalanin, threonin. Kapr využívá bílkoviny jako stavební látku k růstu, ovšem při nedostatku sacharidů a lipidů se bílkoviny využívají jako energie a tím dochází k zastavení růstu ryby (Craig a Helfrich, 2002). Dělíme je na plnohodnotné a neplnohodnotné bílkoviny. Plnohodnotné obsahují kompletní esenciální aminokyseliny, nejčastěji to jsou bílkoviny živočišného původu. Nejvhodnějším zdrojem důležitých bílkovin je přirozená potrava. Kvalitní bílkoviny jsou nejvýznamnější a nejdražší složkou krmiva určeného k výkrmu ryb (Hossain, 1995). K samotnému trávení dochází v přední části střeva a v dalších částech střeva intenzita postupně klesá. V zadní části je možné trávení velkých makromolekul bílkovin prostřednictvím pinocytózy. Nejvýznamnější část enzymů, které se používají k trávení bílkovin, jsou autolytické enzymy získávané z přirozené potravy ryb. Nejvyšší intenzita enzymů je při pH 8,2-8,8. Bílkoviny jsou enzymaticky štěpeny na samostatné aminokyseliny a poté vstřebávány pomocí střevní sliznice (Dubský a kol., 2003). Stravitelnost bílkovin se udává v hodnotách 80–95 % (Billard a Gall, 1995). Ukazatel stravitelnosti bílkovin bývá používán jako nutriční parametr reálné využitelnosti bílkovinného zdroje. Stravitelnost bílkovin vybraných druhů krmiv je uvedena v tabulce č. 1. Mnoho autorů uvedených níže se zabývalo problematikou stravitelnosti bílkovin v různých druzích krmiv.

Tabulka č. 1: Stravitelnost bílkovin z různých krmiv u kapra (%).

Název krmiva	Stravitelnost bílkovin (%)	Autor
Živočišné bílkoviny (masová moučka, masokostní moučka, krevní moučka, žížalí moučka)	46–66 %	Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1996)
Pivovarské odpady	80–83 %	Yamamoto a kol., (1996, 1998),
Obiloviny	5–95 %	Chu a kol., (1991), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (1998), Heinitz a kol., (2016), Stankovič a kol., (2014), Sandor a kol., (2006), Oberle a kol., (1997),
Komerční krmiva	80 %	
Rybí deriváty	69–99 %	Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1996), Yamamoto a kol., (1996), Degani a kol., (2006), Kim a kol., (1998b), Davies a Gouveia (2010), Stankovič a kol., (2014), Ngoc a kol., (2016)
Krmné směsi	77–82 %	Ogino a kol., (1979),
Mikrobiální bílkoviny	86-93 %	Takeuchi a kol., (1979b), Ogino a kol., (1979)
Olejniny	44-95 %	Hasan a kol., (1997),
Čisté proteiny	95-99 %	Ogino et al. (1979), Takeuchi et al. (1979a), Yamamoto et al. (2001b)

2.2.2 Metabolismus lipidů

Lipidy jsou energeticky důležité látky. V potravě ryb se nachází jako triglyceridy, fosfolipidy a estery cholesterolu. Neutrální lipidy jsou metabolizovány pomocí enzymu lipáza na monoglyceridy, glycerol a vyšší mastné kyseliny. Lipáza je produkována ve střevní sliznici a je obsažena v pankreatické šťávě. Optimální hodnota pH je v rozmezí 8,4-8,7. Stravitelnost je vysoká, v hodnotách nad 90 % (Austreng a kol., 1979). Metabolismus je pozitivně ovlivňován pomocí autolitických enzymů z přirozené potravy. Syntetizované lipidy jsou uloženy v tukových tkáních. Volné mastné kyseliny jsou transportovány do krve a slouží jako zdroj energie (Guillaume a kol., 2001). Takeuchi a

kol. (1979) poukazuje na 90% stravitelnost rybího oleje v krmivu, ovšem pouze 76 % stravitelnost v případě vepřového oleje.

2.2.3 Metabolismus sacharidů

Sacharidy dělíme na monosacharidy (fruktóza, galaktóza, glukóza aj.), oligosacharidy (laktóza, maltóza, sacharóza) a polysacharidy (škrob, celulóza aj.). Pozitivní vlastností sacharidů z hlediska nákladnosti výroby krmení je jejich dostupnost a nízká cena. Používají se také při výrobě plovoucích krmiv (škrob). Škrob se během tepelné úpravy stává pro ryby snadněji dostupným zdrojem sacharidů (Craig a Helfrich, 2002). Kapr velmi dobře absorbuje škrob z obilovin, proto má příkrmování obilovinami velký význam pro zajištění dostatečného množství lehce stravitelné energie z fyziologicky neplnohodnotných krmiv (Steffens, 1985).

Trávení sacharidů probíhá v zadní části střev. Metabolismus je ovládán neurohormonálně pomocí hormonů inzulínu, adrenalinu, noradrenalinu a glukagonu (Dubský a kol., 2003). Trávení probíhá pomocí enzymu amylázy a maltázy. Trávicí enzymy jsou produkovány slinivkou břišní a stěnou střevní sliznice. Kapr velmi špatně tráví chitin pomocí chitinolytických enzymů, které produkuje střevní sliznice (Moyle a Cech, 2004). Důležitou složkou v metabolismu sacharidů jsou také enzymy získané z přirozené potravy. Čím je složitější stavba sacharidu, tím jeho stravitelnost klesá. Celulóza (polysacharid z beta-D-glukózy, hlavní stavební látka rostlinných buněčných stěn) je pro kapra špatně stravitelná z důvodu krátkého zažívacího traktu a nízké teploty okolního prostředí. Čím složitější stavební struktura, tím složitější stravitelnost. Při nadbytku sacharidů se v játrech syntetizuje polysacharid glykogen, ukládá se v hepatopankreatu a játrech ve formě glykogenových zásob a plní zásobní funkci (Dubský a kol., 2003). Energetická hodnota sacharidů je $17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$. Trávení amylázou je u všežravých druhů ryb větší než u dravých ryb (Moyle a Cech, 2004).

2.2.4 Metabolismus fosforu

Fosfor ve formě fosfátů je zásadní živinou pro ryby. Fosfor je přítomen v krmivu ryb v různých typech chemických sloučenin a rozdíly v jednotlivých složkách mohou vést k různorodosti stravitelnosti fosforu (Hua a Bureau, 2010). Fosfor je velmi důležitý při metabolismu bílkovin, sacharidů a tuků (Lesson a Summers, 2001). Nároky kapra na obsah fosforu v krmivu jsou udávány kolem 0,7 % (Kaushik a kol., 1995). Raná vývojová

stádia kapra mají vyšší nároky, Takeuchi a kol. (1989) dokázal zvýšením fosforu ve stravě na 0,5-1 % zvýšit přírůstek na dvojnásobek. Kapři mohou dosahovat dobrého růstu i bez fosforu z rybí moučky, tedy s nízkým obsahem fosforu (Keshavanath a kol, 2002).

2.3 Nutriční nároky kapra obecného

Pro prvotní zjištění nutričních požadavků na krmivo lze použít analýzu složení rybího těla či složení přirozené potravy. Na základě tohoto zjištění můžeme vytvořit vhodné krmivo pro daný druh. Základní znalost výživy a fyziologie ryb pomáhá optimalizovat skladbu krmiva. Krmiva nejčastěji obsahují bílkoviny, tuky, sacharidy, energii, vitamíny a minerální látky. V krmivech (převážně pro intenzivní chovy) mohou být i antinutriční látky, které mají špatný vliv na snižování produkční schopnosti, kvalitu svaloviny a mohou způsobit i úhyn. Krmivo vzniká procesem, při kterém mícháme jednotlivé přísady a vytváříme tak krmnou směs o požadovaných vlastnostech a živinových hodnotách. Správná formulace krmiva obsahuje až 40 základních živin. Důležitým faktorem je výživová a ekonomická hodnota, což lze vyjádřit jako „největší váhový přírůstek za co nejnižší cenu“ (De Silva, 1991).

Každá ryba má rozdílné potravní nároky. Nutriční nároky se mění v závislosti na stáří ryby, velikosti, stupni pohlavní dospělosti, chemickému složení vody, ročnímu období a kvalitě přirozené potravy. Důležitým faktorem je také stupeň intenzity chovu, který nám ovlivňuje dostupnost přirozené potravy a upravuje množství krmiva. Základní přehled makro-nutričních požadavků je uveden v tabulce číslo 2.

Nejčastějším doplňkovým krmivem kapra na našem území jsou jaderná krmiva, převážně obiloviny či krmné směsi z obilných komponentů. 70% příkrmování zastupují obiloviny ve formě celých zrn, zbytek je tvořen z krmných směsí.

Tabulka č. 2: Přehled makro-nutričních nároků kapra obecného (NRC, 1993).

Živina	Požadavek (% sušiny)
Stravitelné bílkoviny	32
Stravitelná energie (kcal·kg ⁻¹ krmiva)	3200
Esenciální aminokyseliny	tab. č. 3
Esenciální mastné kyseliny (kyselina linolová)	1,0
Esenciální mastné kyseliny (kyselina alfa linolenová)	0,5-1
Vápník	0,34
Fosfor	0,70

2.3.1 Bílkoviny

Bílkoviny hrají ve výživě kapra nepostradatelnou roli, neboť zajišťují stavební funkci organismu. Zastupují 65-75 % v sušině rybí tkáně. Po příjmu bílkovin dochází k jejímu trávení a zisku důležitých aminokyselin, které jsou vstřebávány do krve a roznášeny do jednotlivých buněk. Aminokyseliny zajišťují tvorbu bílkovin, reprodukčních orgánů a obnovu tkání (Mareš a kol., 2015). Ogino a Chen (1973) uvedl, že kapr obecný na zachování hmotnosti má nutriční požadavek bílkovin kolem 1 gramu na kilogram hmotnosti těla za den. Nejvyšší denní přírůstek je při příjmu 7-8 g bílkovin. Optimální hodnota hrubých bílkovin je v rozmezí 30 až 38 % pro optimální růst ryby (Jauncey, 1982). Tato hodnota byla stanovena pomocí semi-purifikovaných krmiv složené z vysoce kvalitních bílkovin (kasein, rybí moučka, vaječný protein). Pokud je v krmivu obsaženo dostatečné množství energie, optimální a plně využitelná úroveň bílkovin může být 30-35 % (Watanabe, 1982). Esenciální aminokyseliny jsou nezbytné pro správný růst kapra. Esenciální aminokyseliny jsou ve vhodném poměru zastoupené převážně v krmivech živočišného původu a v přirozené potravě. Kvalitativní požadavek na jednotlivé aminokyseliny je přehledně zobrazen v tabulce č. 3. Jednotlivé údaje mohou mít nepatrné odchylky v závislosti na stádiu vývoje (Baloguma, 1995). Požadavky aminokyselin se dají odhadnout z aminokyselinového profilu těla ryby a denního příjmu a uložení bílkoviny. Pokud krmení obsahuje 35 % bílkovin, dosahuje 80 % stravitelnosti a denně uloží 3 % bílkoviny v poměru k tělesné hmotnosti, můžeme tedy stanovit uložení 0,58 g bílkoviny na 100 g tělesné hmotnosti (Ogino, 1980). Tento odhad nezohledňuje metabolické dráhy aminokyselin, které nevedou k syntéze bílkovin. Jednotlivé aminokyseliny mají svůj význam: arginin (růst), histidin (růst buněk, syntéza krevního červeného barviva), izoleucin a leucin (využití nadbytečných aminokyselin), lysin (tvorba nových tkání, absorpce vápníku a železa, tvorba hormonů, aj.) (Novák, 2010).

Tabulka č. 3: Nutriční nároky kapra obecného na obsah jednotlivých aminokyselin a obsah esenciálních aminokyselin v rybí moučce (Halver a Hardy 2002a).

Aminokyselina	Kapr obecný	Rybí moučka
	g ve 100 g bílkovin	
Histidin	1,4-2,1	1,7
Tryptofan	0,3-0,8	1,2
Fenylalanin	4,9-6,5	3,2
Arginin	3,8-4,3	6,4
Lyzin	5,3-5,7	6,4
Izoleucin	2,3-2,5	3,4
Leucin	3,3-4,1	5,6
Metionin	1,6-2,1	2,5
Valin	2,9-3,6	3,9
Treonin	3,0-3,7	3,6

2.3.2 Energie

Energetické nároky kapra jsou v odborné literatuře velmi málo popisovány. Víme však, že jsou ovlivněny teplotou vody, úrovní metabolismu a požadavky na udržení chodu organismu. Při teplotě vody pod 17 °C dochází k zpomalování metabolismu (Kaushik, 1995). Lineární vztah mezi příjmem dusíku a vzrůstem energie v krmivu je přibližně 40 kJ·g⁻¹ N (Kaushik, 1995). Nároky na tuky a bílkoviny souvisí se stravitelností energie. Optimální příjem stravitelné energie/ bílkovin pro maximální růst je 285 kJ·kg⁻¹ (Takeuchi a kol, 1979).

2.3.3 Lipidy a mastné kyseliny

Kapr obecný je omnivorní ryba a může velmi efektivně využívat jak lipidy, tak sacharidy jako zdroj energie. Lipidy rozdělujeme podle jejich struktury na jednoduché a složené. Jednoduché mastné kyseliny se rozdělují na mastné kyseliny a volný cholesterol-mastné kyseliny. Složené lipidy se rozdělují na fosfolipidy, triacylglyceroly a esterifikovaný cholesterol. Mastné kyseliny se rozdělují nanasyčené (SFA – řetězec uhlíků bez dvojně vazby), mononenasyčené (MUFA – řetězec uhlíků obsahuje jednu dvojnou vazbu) a PUFA (řetězec uhlíků obsahuje dvě a více dvojných vazeb). Kapr obecný potřebuje mastné kyseliny n-6 a n-3 v poměru 1:1, popřípadě 1,5:0,5 (Mareš a kol., 2015). Při zvyšování lipidů v krmivu dochází k negativnímu efektu ukládání v těle

jako viscerální tuk (Zeitler a kol, 1983). Fosfolipidy mají význam v krmení larválních stádií v odolnosti na vodní prostředí. U dospělých jedinců způsobil nedostatek fosfolipidů akumulaci tukových kapiček v erytrocytech předního střeva, zvýšení výskytu mukozního epitelu a snížení průměrné hodnoty hepatocytů. Tomu lze zabránit pomocí fosfatydlcholinu (z vaječného žloutku, ze sóji), který zabraňuje střevní steatóze a navyšuje počet hepatocytů (Fontagné a kol., 1998). Geurden a kol. (1998) ověřili, že zvýšením fosfatydlcholinu dojde k výraznému zvýšení růstu.

Optimální hodnota lipidů v krmivu se pohybuje v rozmezí 8-10 %, neměla by však klesnout pod 5 %. Vyšší hodnoty zvyšují podíl tuků v tělní dutině a ve svalovině, která snižuje výtěžnost ryby (Jirásek a kol., 2005). Rybí oleje mají nízký bod tání s vysokým podílem esenciálních n-3 mastných kyselin. Proto se označují jako nejlepší možný zdroj lipidů. Méně efektivní jsou oleje rostlinné.

2.3.4 Sacharidy

Sacharidy mají důležitý energetický význam, jejich energetická hodnota se udává v množství $17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$. Rozdělují se na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Monosacharid glukóza slouží jako přímá energie. Mezi významné polysacharidy pro ryby se řadí vláknina a škrob. Pomocí produkce amylolytických enzymů (amyláza) dokážou ryby trávit velké množství neupravených sacharidů (škrob) obsažených v obilovinách (Mareš a kol., 2015). Délka střeva kapra je 1,8-2krát delší než délka těla, a to zabezpečuje lepší využití sacharidů. Murai a kol. (1983) zkoumali přírůstek různých druhů krmiva v závislosti na počtu krmných dávek. Škrobová krmiva ukázala nejvyšší přírůstek ve dvou denních dávkách, zatímco maltóza a glukóza při čtyřech denních dávkách. Výsledek tedy naznačuje pokles využití glukózy a maltózy při podávání velkých krmných dávek. Optimální rozsah sacharidů je 30-40 g ve 100 gramech krmiva (Takeuchi a kol., 1979).

2.3.5 Fosfor, minerální látky

Obsah fosforu v krmivu je v optimálním rozmezí 0,6-0,7 % sušiny. Při vyšším množství dochází k zvýšení odtoku zbytkového fosforu z trávicího traktu a tím dochází k zvýšení organického znečištění okolního prostředí (Jirásek a kol., 2005).

Požadavky kapra na minerální látky jsou:

- železo 150 mg,
- mangan 13 mg,
- zinek 15-30 mg,

Všechny uvedené hodnoty jsou v mg na kg krmiva (Halver a kol., 2002).

2.4 Stravitelnost

Stravitelnost udává obsah využitelných živin v krmivu pro daný druh ryby. Je počítána jako rozdíl obsahu živin v krmivu a tuhých výkalech. Stravitelnost se nejčastěji vyjadřuje v % jako koeficient bilanční stravitelnosti. Stravitelnost je především ovlivněna schopností daného druhu produkovat potřebné enzymy a vstřebávat živiny v zažívacím traktu. Sacharidy, bílkoviny a lipidy musí být nejprve rozloženy na absorbovatelné jednotky (např. monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny). Toho je dosaženo enzymatickou hydrolýzou těchto sloučenin trávicími enzymy a mikroflórou gastrointestinálního traktu. Stravitelnost je ovlivněna hned několika faktory souvisejícími s úpravou a zpracováním krmných složek a kompletních diet. Zpracování krmiv může zničit antinutriční faktory (např. inhibitory proteázy u sójových bobů), mletí za účelem snížení velikosti částic, přidáním krmných enzymů (např. fytázy, glukonázy a arabinoxylázy) za účelem hydrolýzy kyseliny fytové a hemicelulózy (Bureau, 2002). Dostupnost škrobu se zvyšuje s tepelnou úpravou. Zpracování přísad krmiv nebo krmiva může mít také negativní účinek, zvláště stravitelnost bílkovin s nadměrným tepelným zpracováním, které způsobuje tvorbu intermolekulárních nebo intramolekulárních kovalentních vazeb. Ty jsou potom rezistentní vůči enzymatickému trávení. V přítomnosti redukujících cukrů (např. fruktózy) a aminokyselin způsobuje lysin tvorbu komplexních sloučenin mezi cukrem a aminokyselinami, což způsobuje lysin nedostupný pro vstřebávání. Tato reakce se nazývá hnědnutí (Bureau, 2002).

Stravitelnost živin vede k intestinální absorpci živin z potravinového bolusu. Z různých důvodů část z nich nedokáže překročit střevní sliznici a je eliminována prostřednictvím řitního otvoru jako stolice, stejně jako zbytky metabolizovaného původu vylučované z buňky, sekretované enzymy anebo bakteriální mikroflory. Výživová hodnota potravin závisí nejen na obsahu živin, ale také na schopnosti zvířete trávit a absorbovat. Studie stravitelnosti mají jako hlavní cíle zlepšení kvality krmiva pro ryby a

konečné snížení odpadů z krmení, což umožňuje obecně zachovat kvalitu životního prostředí a zejména kvalitu vody (Guillaume, 2001).

2.4.1 Rozdělení stravitelnosti

Rozlišujeme dva druhy stravitelnosti: zdánlivou a skutečnou (Bureau, 2002). Po průchodu trávicím traktem dochází k vyloučení nestravitelné části společně se zbytky endogenního původu (např. střevní mikroflóra, trávicí enzymy atd.) ve formě výkalů (Nyachoti, 1997).

Zdánlivá stravitelnost krmiva je definovaná jako rozdíl mezi živinami přijatými a živinami vyloučenými. Nezahrnuje v sobě však živiny endogenního původu. Zdánlivá se také označuje jako bilanční, tento výraz je použit pro výpočet:

$$\text{Bilanční stravitelná živina} = \text{živina v krmivu} - \text{živina ve výkalech}$$

Koeficient bilanční stravitelnosti (KBS) vyjadřuje procentuální podíl stravitelné živiny z jejího celku (Zeman, 2006) podle vzorce:

$$KBS = \frac{\text{bilančně stravitelná živina}}{\text{živina krmiva}} \times 100$$

Skutečná stravitelná živina zahrnuje vliv živin endogenního původu a počítá se jako (Zeman, 2002): Skutečná stravitelná živina = živina v krmivu – (celkový obsah živiny ve výkalech – živina metabolického původu ve výkalech) KSS, koeficient skutečné stravitelnosti vyjadřuje množství skutečně stravitelné živiny v celkovém množství krmiva. Vyjadřuje se v procentech.

2.4.2 Zjišťování stravitelnosti

Existuje několik metod, jakým způsobem se dá zjistit stravitelnost krmiv v základním rozdělení:

- 1) *In vivo* – pomocí krmných experimentů
 - a. Přímé – sběr kompletních výkalů
 - b. Nepřímé – v krmivu je obsažen indikátor (u ryb nejčastější)
- 2) *In vitro* – vystavením krmiva trávicím enzymům (ve zkumavce)
- 3) Matematické – počitatelné, odhad na základě živinových parametrů

***In vivo*-přímá metoda**

Princip této metody je založen na podávání testovaného krmiva a poté odběru kompletních výkalů ryb. Zajistit odběr všech výkalů ve vodním prostředí je těžko dosažitelné, proto se tato metoda u ryb nepoužívá (Bureau a kol., 2002).

***In vivo*-nepřímá metoda**

Tato metoda je u ryb nejpoužívanější. Jedná se o nepřímou „*in vivo*“ metodu, která je založená na základě použití krmných pokusů, přičemž krmivo musí obsahovat nestravitelný indikátor. Základem je sběr reprezentativních výkalů. Není potřeba sebrat veškeré výkaly z vody, proto je tato nepřímá metoda nejpoužívanější. Jako indikátor se mohou používat interní indikátory (nestravitelná složka přirozeného původu), nebo externí indikátory (nestravitelná složka nepřirozeného původu, např. oxid chromitý) obsažené v podávaném krmivu (Bureau, 2002).

Postup analýzy krmné směsi spočívá v obsaženém množství indikátoru, sledovaných živin a energie. Pro ryby se používá oxid chromitý (0,5 – 1% podílu krmiva), který se smíchá s testovaným krmivem a následně se podává rybám. Po spotřebování krmné dávky se odeberou vzorky krmiva a výkalů, ve kterých se stanoví obsah požadovaných látek. Koeficient bilanční stravitelnosti se počítá (Zeman, 2006):

$$KBS = \frac{\text{indikátor s sušíně krmiva} \times \text{živina v sušíně výkalů}}{\text{indikátor v sušíně výkalů} \times \text{živina v sušíně krmiva}} \times 100$$

Při běžném příjmu krmiva a růstu dochází k velmi malému rozdílu mezi skutečnou a bilanční stravitelností, proto se při posuzování krmiv používá jen bilanční stravitelnost (Cho, 1982). Krmných směsí může být vytvořena početná řada, proto se přešlo na zjišťování stravitelnosti samostatných složek, které krmná směs obsahuje. Po zjištění jednotlivých komponentů se snadno dopočítá stravitelnost krmné směsi podle jejího složení. Podávat rybám jednotlivé krmné ingredience je nereálné, proto se 30 % testovaného ingredience přimíchá ke kontrolní dietě. Jedné skupině ryb se krmí samostatná kontrolní dieta a druhé skupině dieta s testovaným komponentem (70 % kontrolní diety + 30 % testované ingredience) (Cho, 1979).

Po dokrmení obou diet se počítá koeficient bilanční stravitelnosti podle Cho a Slingera (1979):

$$KBS \text{ ingredience} = \frac{(1 - s) \times \text{živina KD}}{s \times \text{živina v ingredienci}} \times (KBS TD - KBS KD)$$

- **KBS** – koeficient bilanční stravitelnosti
- **TD** – testovaná dieta
- **KD** – kontrolní dieta
- **s** – podíl ingredience v testované dietě (%)

***In vitro* metoda**

Základem této metody je zkumavka, kde probíhá celé zjišťování stravitelnosti. Metoda je velmi rychlá a jednoduchá. Princip metody spočívá v nastavení podmínek krmiva tak, jako by se krmivo nacházelo v zažívacím traktu ryby (pH, teplota, enzymy). Poté se využívá jednotlivých trávicích enzymů nebo jejich kombinací k zjištění stravitelnosti krmiv (Eid a Matty, 1989). Nevýhodou této metody je nemožnost určení interakcí a negativního působení krmiva na zažívání ryb.

Matematická metoda

Metoda je založena na odhadu stravitelnosti z živinového složení testovaného krmiva podle obsahu vlákniny. Vláknina je pro ryby nestravitelná či velmi špatně stravitelná a čím je její podíl vyšší, tím se snižuje stravitelnost. Stravitelnost je pak pro daný druh dopočítána pomocí předpokládaných koeficientů stravitelnosti pro jednotlivé živiny krmiva či pomocí regresivních rovnic (Mráz a kol., 2012).

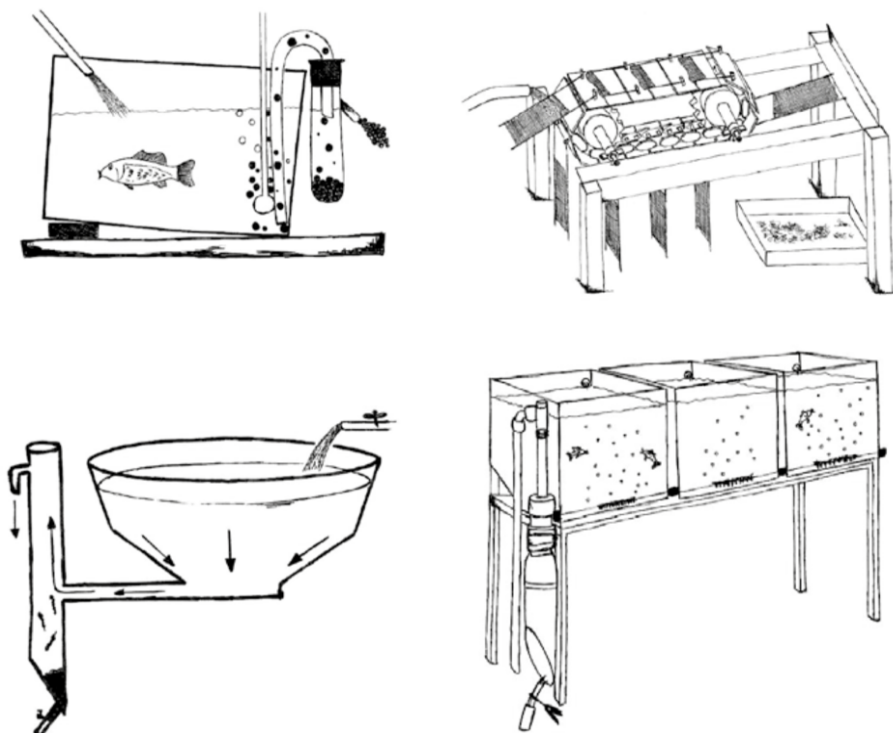
2.4.3 Sběr výkalů

Pro zjištění stravitelnosti je nutné odebrat reprezentativní vzorek výkalů. Pro sběr výkalů bylo v poslední době vymyšleno hned několik metod. Každá metoda má své klady a zápory. Výběr té správné metody vždy záleží na mnoha faktorech, mezi které se řadí druh a velikost ryb, zručnost praktikanta a v neposlední řadě technické vybavení (Mráz a kol., 2012). Odběr výkalů přímo ze střeva se provádí pomocí mnoha metod. Mezi nejčastější patří kanulace, vytlačování (Nose, 1960) a disekce (Windell a kol., 1978).

Odběr probíhá z koncové části střeva tak, aby se výkaly nedostaly do kontaktu s vodou. Díky tomu zabráníme rozpouštění látek do vody a získáme tak přesnější měření. Nevýhody však v těchto metodách převažují. Odebrané vzorky obsahují fyziologické příměsi a nemusí u nich být dokončené trávení a tím ovlivňují výsledky měření. Další nevýhodou je vlastní způsob odebrání vzorku. Při disekční metodě je potřeba zabití ryb (Mráz, 2012).

Další metodou je odběr vzorků z vody. Tato metoda spočívá v odsávání výkalů ze dna nádrže. Tento odběr je technicky nenáročný. Výhodou je také odběr výkalů, které přirozeně prošly celým trávicím traktem. Velká nevýhoda je však kontakt výkalů s vodou, kdy může docházet k vyluhování látek a znehodnocení výsledků.

Poslední metodou jsou kontinuální metody sběru. Při nich dochází k filtraci výkalů přes kolonu (TUF kolona; Ogino a kol., 1973); usazovací kolonu (Guelph systém, Cho a Slinger, 1979) či rotující síťový filtr (St. Péé systém, Choubert a kol., 1979) (Obr. 2). Kontinuální metody jsou uznávány jako nejpresnější a často používány po celém světě. Mezi nevýhody se řadí pouze náročnost na technické vybavení.



Obrázek č. 2: Metody kontinuálního sběru výkalů. Zleva TUF kolona, modifikovaný St. Péé systém a dvě modifikace Guelph systému (Cho a kol., 1982; Choubert a kol., 1982).

2.5 Faktory ovlivňující stravitelnost

Je známo několik desítek nejrůznějších faktorů ovlivňující stravitelnost. Faktory mohou mít pozitivní i negativní vliv, různou délku a rozsah účinku. Vliv různých faktorů na bilanční stravitelnost živin a energie byla předmětem mnoha studií, nicméně výsledky jsou mnohdy rozporuplné z důvodu nejednotné metodiky provádění těchto studií. Předměty studií se zabývaly teplotou vody, salinitou, velikostí ryb a metodou krmení.

2.5.1 Abiotické faktory

Fyzikální a chemické vlastnosti vody

Do těchto vlastností řadíme dva nejdůležitější faktory, teplotu vody a obsah kyslíku. Obsah rozpuštěného kyslíku má velký dopad na stravitelnost, protože při trávení se zvyšuje spotřeba kyslíku a při jeho nedostatku se stravitelnost snižuje a zpomaluje se trávení (Dubský a kol., 2003).

Teplota vody

Primární reakce ryb na zvýšení teploty je zvýšený příjem krmiva, zrychlení metabolismu a tím zrychlený průchod trávicím traktem s následným ovlivněním stravitelnosti (Fange and Grove, 1979). Při snížení teploty se prodlužuje doba setrvání krmiva v trávicím traktu, a to způsobuje menší aktivitu procesu trávení (Fauconneau a kol., 1983). Azevedo a kol. (1998) zaznamenal při poklesu teploty z 15 °C na 6 °C významný pokles stravitelnosti sušiny, bílkovin a energie. Tento významný pokles zdánlivého koeficientu stravitelnosti sušiny, dusíku a energie s klesající teplotou utvrzuje fakt, kdy Choubert a kol. (1982) zaznamenal významné zvýšení zdánlivé stravitelnosti výše zmíněných látek, když teplota vody vzrostla z 10 °C na 18 °C. Jiné studie s použitím jiného sběru vzorků exkrementů také poukazují, že zdánlivá stravitelnost dusíku a energie se zvyšuje se zvyšující se teplotou vody (Watanabe a kol., 1996a, b). Jediný negativní výsledek pro toto tvrzení je znám od Kaushik (1980) a Médale a kol. (1991), kdy nebyl zaznamenán žádný vliv teploty vody na zjevnou stravitelnost bílkovin, lipidů a energie. Snížení aktivity trávicích enzymů při nízkých teplotách vody a tím postupně vyšší ztráty endogenních částí střev způsobuje snížení zdánlivé stravitelnosti, a to by vedlo k poklesu bilanční, ale ne skutečné stravitelnosti (Azevedo a kol., 1998). Příjem krmiva v závislosti

na teplotě hraje větší roli než účinek samotné teploty vody na stravitelnost (Kaushik, 1980).

Složení krmiva

Zde velmi záleží na podílu jednotlivých komponentů. Obecně se dá říci, že čím je větší celkový obsah vlákniny, škrobu a antinutričních látek v krmivu, tím se snižuje stravitelnost pro ryby (Cho a Bureau, 1997).

Forma výroby krmiva

Způsob výroby ovlivňuje stravitelnost výsledného krmiva. Hlavním faktorem je škrob. Stravitelnost škrobu se dá zvýšit pomocí procesu želatinizace (Swinkels, 1985). Želatinizace škrobu vařením či extrudováním velmi zvyšuje jeho stravitelnost díky snadnějšího přístupu amylotických enzymů k jednotlivým molekulám glukózy (Kim a kol., 1998, Pfeffer a kol., 1990, Bergot a Breque, 1981). Extrudovaná krmiva jsou více stravitelná, než krmiva vyrobená kompresí do pelet. Další vliv se značným ovlivňováním stravitelnosti má teplota. Vysoká teplota dokáže zrušit některé antinutriční látky, ale příliš vysoká teplota tvoří nové nestravitelné vazby sacharidů a aminokyselin a tím snižuje jejich stravitelnost (Bureau a kol., 2002).

Velikost krmné dávky a její frekvence

Cho a Kaushik (1990) předložili důkazy, že frekvence a úroveň příjmu krmiva neovlivňují koeficient bilanční stravitelnosti sušiny, hrubé bílkoviny, tuků a hrubé energie. Při nadměrné dávce krmení může docházet k „překrmování“ ryb a tím nedokážeme efektivně využít krmení. Z toho důvodu následně dochází k hospodářským ztrátám.

2.5.2 Biotické faktory

Každý druh a plemeno ryb má své potravní nároky na potravu a její využití je závislé na stavbě trávicí soustavy a její enzymatické schopnosti. Herbivorní druhy ryb mají lepší schopnost trávit sacharidy a jsou méně citlivé k antinutričním látkám na rozdíl od karnivorních druhů. V případě odlišného plemena jde o genetický vliv a záleží na stavbě genotypu. Například Hodonínský šupináč vykazoval lepší stravitelnost než Hodonínský lysec (Spurný, 1996).

2.6 Vliv stravitelnosti na kvalitu vody

Od druhé poloviny 20. století byl předmětem výzkumu vliv intenzivní akvakultury na kvalitu vody (Maillard a kol., 2005). Produkce kapra obecného (*Cyprinus carpio*) je značně rozšířena ve střední a východní Evropě, kde se pozorovaly a hodnotily pozitivní či negativní vlivy na ekosystém a jejich dopad (Všetičková a kol., 2012). V České republice pochází většina kaprů z polointenzivního hospodaření, při kterém se spoléhá na přirozenou potravu a příkrmování doplňkovým krmivem (Adámek a kol., 2012). Hlavním doplňkovým krmivem při hospodaření na rybnících jsou většinou obiloviny (Mráz a kol., 2012). V současné době je část rybníků v České republice v eutrofním až hypertrofním stavu, což vede k negativním jevům, kdy může docházet ke kyslíkovým deficitům, snižování příjmu krmiva či úhynům ryb. To je způsobeno špatným hospodařením na rybnících (vysoká obsádka, nevhodné příkrmování, hnojení). Současný trend hospodaření zahrnuje příkrmování a hnojení rybníku ve střední Evropě do eutrofní až hypertrofické kategorie (Pechar, 2000). To má za následek nevhodný stav kvality povrchových vod pro další uživatele v delším časovém měřítku (Olah a kol., 1994).

Vysoké koncentrace dusíku a fosforu mají za následek zhoršení kvality vody v rybnících a vodních nádržích, kde počáteční hyperúživnost a následná eutrofizace (zvýšení primární produkce, přesycení vody živinami) snižuje kvalitu vody (Boyd a kol., 1998). Pro zlepšení kvality vody a udržitelnosti produkce je zapotřebí zmenšit množství vyloučených živin (dusík a fosfor) do vody. Ideálním řešením problému se zatížením vody by bylo dodržení nulového salda (kvantifikace bilančního rozdílu) celkového fosforu (P), které by znamenalo: P v krmivech + P v hnojivu + P v obsádce ryb = P ve vylovených rybách. Z toho vyplývá, že celkový fosfor dodaný do rybníka by byl z rybníka odebrán v biomase ryb, což by zastavilo růst koncentrace fosforu a tím by se zároveň zastavil růst trofie vody (Másilko a kol., 2014). Zlepšení kvality vody lze dosáhnout vhodnou formulací krmiv a tím snížit dopad nestravitelných komponentů (Sugiura a kol., 2006). Velká pozornost byla také věnována rovnováze živin v závislosti na prevenci nadměrného znečištění, ale také využití rybníka jako zásobárny živin (Olah a kol., 1994).

V souvislosti s tímto aspektem je důležité složení krmiv po ryby (Sugiura a kol., 2006). Především minimalizace výskytu fosforu je hlavním omezujícím faktorem při

udržitelosti životního prostředí sladkovodních akvakulturních operací (Hua a Bureau, 2010).

2.7 Složení a stravitelnost různých druhů krmiv

Složení krmiv a jejich stravitelnost velmi výrazně ovlivňuje využití veškerého potenciálu krmiva. Tyto faktory mají vliv také na ekonomickou stránku, protože krmení či příkrmování tvoří důležitou součást produkce kapra. Máme několik druhů krmiv, které se často používají pro kapra a najdeme mezi nimi velké rozdíly ve složení i stravitelnosti.

2.7.1 Testovaná krmiva

Po celém světě již proběhlo velké množství experimentů zabývajících se problematikou stravitelnosti a využitelnosti krmiv. Bylo testováno nespočet různých variant krmiv a ingrediencí pro kapra obecného (*Cyprinus carpio*) a výsledné hodnoty dosahovaly kladných, ale i negativních výsledků. Nejčastěji se experimenty zaměřovaly na bilanční stravitelnost bílkovin, energie a fosforu. Na tyto stravitelné parametry byla v minulosti zaměřena většina pokusů a ostatními parametry se nikdo nezabýval. U některých hodnot je zaznamenána stravitelnost BNLV (bez dusíkaté látky výtažkové) a tuků. Z tohoto důvodu jsou v tabulce uvedené známe hodnoty stravitelných parametrů. Do budoucna je velmi důležité se zaměřit na zbylé parametry a zjistit jejich přesné hodnoty. Známé hodnoty krmiv jsem vypracoval v tabulce č. 6, kde je zpracováno přes 30 variací krmných složek. Z tabulky vyplývá, že nejvíce experimentů bylo prováděno na „tradičních“ krmivech pro intenzivní akvakulturu, tedy pšenici, kukuřici, sóje, rybích derivátech a jejich modifikacích. Naopak nejméně testování probíhalo na přirozené potravě pro kapra.

Tabulka č. 4: Přehled nejčastěji testovaných krmiv a jejich bilanční stravitelnost pro kapra.

Ingredience	Bilanční stravitelnost (%)				Zdroje
	Bílkoviny	Tuky	BNLV	Fosfor	
Rybí deriváty	68,4-92,9	85-99,8	79	10-34,6	Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (1996), Degani a kol., (1997a), Kim a kol., (1998a, 1998b), Yamamoto a kol., (2001a), Davies a Gouveia (2010), Stankovic a kol., (2014), Ngoc a kol., (2016)
Kukuřice	73,48-88,64	78,75-82,01	22,11-89,8		Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991), Watanabe a kol., (1996), Oberle a kol., (1997), Yamamoto a kol., (1998), Stankovic a kol., (2014), Heinitz a kol., (2016), Sandor a kol., (2016)
Kukuřičný škrob	77,3-94,2		90,4-98		
Kukuřičný lepek	59,1-96,5	92,9-97,1	82,3-88,6	37,7	
Pšenice	12,3-94,5	77,96-82	34,3-50,35		Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991), Watanabe a kol., (1996), Oberle a kol., (1997), Yamamoto a kol., (2001a), Degani (2006), Stankovic a kol., (2014), Heinitz a kol., (2016)
Pšeničný škrob	93				
Pšeničné klíčky	28,6-96,5				
Proso seté	70,9				Fagbenro (1999)
Čirok	71,4-71,9	76,7	22,1		Degani a kol., (2006)
Ječmen	71,86	66,7-76,76	34,33		Przybyl a Mazurkiewicz (2004)
Žito	91,9		55,3		Oberle a kol., (1997), Degani (2006),
Rýžové otruby	11,3-85,75		86-97		Ogino a kol., (1979), Watanabe a kol., (1996)
Sojová moučka	42,7-95,5	73,7-95,5	46,1-62,1	10,9	Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1993), Watanabe a kol., (1996), Kim a kol., (1998b), Schwarz a kol., (1998), Yamamoto a kol., (1998), Davies a Gouveia (2010), Stankovic a kol., (2014), Heinitz a kol., (2016)
Sojová bílkovina	75,2-94	94,5-96		18,3-88,9	
Sezam	78,7-88,9				Hossain a Jauncey (1989), Hasan a kol., (1997)
Lněné semínko	82,4-85,8				

Hořčice	85,3-86,2				
Řepka	89,6		37		Chu a kol., (1991),
Dávivec	79,4-92,2	89,2-95			Kumar a kol., (2011a)
Podzemnice olejná	84,4-89,5				Hasan a kol., (1997),
Kukly bource morušového	45,2-46,3				Watanabe a kol., (1996)
Drůbeží moučka	47,2	83,6	84,4		Degani a kol., (1997a)
Masokostní moučka	49,1-60,2	72,5			Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993)
Krevní moučka	54,6				Chu a kol., (1991)
Masová moučka	62,6-90,6	87,3-95			Degani a kol., (1997a), Degani a kol., (1997a)
Žížalí moučka		75,2-85,9			Ngoc a kol., (2016)
Krmítková směs	81,2-92,7	83,2-84,7	60,6-81,6	25,1-44,8	Arlinghaus a Niesar (2005),
Hrách	75,82-81,94				Davies a Gouveia (2010), Heinitz a kol., (2016)
Hrachová bílkovina	72,3-80			44,9-47,1	
Droždí	86,8-94,1			93	Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991)

V tabulce č. 5 jsou nejčastěji analyzované hodnoty pro obsah tuků a sacharidů a jejich bilanční stravitelnosti v krmivu pro kapra. V tabulce č. 6 je dále uveden obsah a bilanční stravitelnost dusíku a fosforu. Analyzované parametry mají své opodstatnění, jelikož se jedná o důležité energetické (N) a stavební (P) látky.

Tabulka č. 5: Obsah tuků, sacharidů a jejich bilanční stravitelnost u běžných krmiv pro kapra (Roy a kol., 2019a)

Druh krmení	Obsah		Bilanční stravitelnost	
	Tuky (%)	Sacharidy (%)	Tuky (%)	Sacharidy (%)
Obiloviny	2,82–5,38	56,4–82,5	77,7–84,7	44,8–90,1
Olejniny	1,93–11,0	21,8–34,5	91,6–95,0	41,6–54,1
Rybí deriváty	6,35–11,8	2,3–21,3	69,2–91,2	83,1–87,9
Živočišné bílkoviny	9,7–14,06	4,7–7,35	83,5–91,6	N.A.
Luštěniny	2,2–9,9	21,4–55,4	75,6–81,3	N.A.
Pivovarské odpady	10,2–11,9	18,6–31,8	N.A.	N.A.
Krmení pro sportovní rybolov	6,9–11,4	37,1–71,8	83,3–85,9	58,5–79,6

Tabulka č. 6: Obsah a bilanční stravitelnost dusíku a fosforu u běžných krmiv pro kapra (Roy a kol., 2019a)

Druh krmení	Obsah		Bilanční stravitelnost	
	N (%)	P (%)	N (%)	P (%)
Obiloviny	2,08–5	0,26–0,69	70,9–93	25–57
Olejniny	6,1–7,55	0,76–1,47	82,4–91,3	16,4–26,7
Rybí deriváty	6,56–11	0,9–2,35	85,6–93	22,8–34,4
Živočišná bílkovina	5–11,04	0,34–0,35	52,8–86,2	-

Pro metodický pokus byla vybrána pšenice, kukuřice, tritikále a dva zástupci přirozené potravy, dafnie a larvy pakomárů. Pšenice byla zvolena hned z několika důvodů. Hlavním důvodem zabývat se právě pšenicí byly otazníky v některých jejích parametrech, i přesto že tento druh krmení byl předmětem řady studií. Kukuřice již byla také testována, ale výsledky nejsou stálé a mají velké odchylky v některých hodnotách. Naopak některé hodnoty úplně chybí. Tritikále nebylo prozatím předmětem studií, nejsou tedy známé a podložené výsledky. Přirozená potrava, konkrétně tedy dafnie a larvy pakomára, mají známé pouze živinové složení, které analyzoval Bogut a kol. (2007).

Pšenice

Pšenice patří mezi velmi dostupné zdroje, a proto je využívána k příkrmování ryb. Je významným zdrojem energie, sacharidů, bílkovin, minerálních látek (fosfor, vápník) a vitamínů, převážně skupiny B. 50-70 % zrna je tvořeno ze sacharidů, převážně se jedná o škrob (Kadlecová, 2011). Škrobová zrna při ponoření do vody bobtnají, při tepelné úpravě nad 65 °C nastává mnohonásobné zvětšení zrn, tedy zvýšení viskozity a následnému popraskání struktury. Úpravou zrn zvyšujeme jejich využití. Pšenice obsahuje v průměru 12,5 % dusíkatých látek, řadí se tedy mezi obiloviny s velkým obsahem dusíkatých látek a nízkým obsahem vlákniny (Zeman a kol., 2006). Pšenice obsahuje 1,5-3 % tuků, které jsou složeny z kyseliny olejové a linolové. Obsah bílkovin je v rozmezí od 8 do 20 %. Podíl látek je ovlivňován druhem půdy, odrůdou a klimatickými podmínkami prostředí v dané lokalitě (Prugar a kol., 2008).

Pšenice byla sledována na pokusech několika výzkumů a v tabulce č. 7 máme analyzované doposud známé hodnoty. Obsah bílkovin byl zaznamenán v rozsahu 15,8 až 23,27 % a stravitelnost dosáhla nejnižší hodnoty 60,64 %, Naopak nejvyšší naměřená hodnota byla 93,3 % (nejvyšší hodnota byla naměřena pro pšeničný lepek). Obsah tuků byl 2,86-8,53 % a stravitelnost dosahovala hodnot mezi 77,97-96,1 %.

Kukuřice

Složení kukuřice je z velké části tvořena vodou a druhou největší složku zaujímají sacharidy, kterých je 75-80 % v sušině. Hlavním sacharidem je sacharóza a škrob. V malém množství se dále objevuje glukóza, maltóza, fruktóza a manitol. Obsah bílkovin je 12 % a má velký nedostatek esenciálních aminokyselin. Nejvíce vitamínů obsažených v kukuřičném zrně je E a A (Prugar a kol., 2008). Kukuřice obsahuje více krmných jednotek a je tedy lépe stravitelná než ostatní obiloviny (Špaldon a kol., 1963). Kukuřice je známá pro svůj vysoký obsah tuků, převážně nenasycených mastných kyselin v poměru 5-8 % (Prugar a kol., 2008). Krmení ryb pouze kukuřicí bez kombinace s jinou obilovinou způsobuje zatučnění svaloviny. Vyšší obsah tuků ve svalovině (nad 10 %) snižuje výslednou kvalitu rybiho masa (Oberle a kol., 2005). Prozatím známé hodnoty o složení a stravitelnosti kukuřice jsou uvedeny v tabulce č. 8.

Tabulka č. 7: Známé hodnoty obsahu jednotlivých látek v % sušiny a jejich stravitelnosti u pšenice.

Autor	Bílkoviny (%)		Tuky (%)		BNLV (%)		Vláknina (%)		Popel (%)		Fosfor (%)		Energie (%)	
	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS
Chu a kol. 1991	16,11		2,86			94,5	3,35		2,39		0,4		3,98	65,9
Degani a kol., 2006	18,6	60,64	4,5	82,01	64,82	34,33	7,72		4,7				19,2	9,3
Watanabe a ko., 1996	15,8	79,1	4,3										3,93	
Yamato a kol., 2001		93,2		96,1						21,5			21	89,1
Degani a kol., 1997	23,27	77,54	8,53	77,96			1,68		3,09				20,2	68,09

Tabulka č. 8: Známé hodnoty obsahu jednotlivých látek v % sušiny a jejich stravitelnost u kukuřičného lepku.

Autor	Bílkoviny (%)		Tuky (%)		BNLV (%)		Vláknina (%)		Popel (%)		Fosfor (%)		Energie (%)	
	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS
Pongmaneerat a Watanabe (1991)	63,95	96,5	3,17	92,9					1,54					93,3
Sandor a kol. (2016)	44	80,64										51		
Stankovič a kol. (2014)	38,10	60,02	8,54	74,86			2,03		9,50				19,60	64,86
Watanabe a kol. (1996)	64,3	87,7	5,5											
Yamamoto a kol. (1998)	65,5	94,8	4,1						0,8					
Chu a kol. (1991)	8,5*		3,7			89,8	2,9		1,8		0,68		4,5	75,1
Heinitz a kol. (2016)	50,1	77,2	16,6	83,4	26,9	91,5			6,4		0,95	37,7	2,6	81,5

*hodnota analyzována pro čistou kukuřici.

Pozn. KBS = koeficient bilanční stravitelnosti.

Přirozená potrava

Zooplankton je součástí planktonu. Je složen převážně z vírníků (*Rotifera*), buchanek (*Cyclopoda*), vznášivek (*Calanoida*) a perlooček (*Cladocera*). Zooplankton se dokáže aktivně pohybovat ve vodním prostředí, ovšem není schopný překonat vodní proud rychlejší než $2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. (Hartman a kol., 1998). Zooplankton je nedílnou součástí přirozené potravy kapra v rybníce, protože zajišťuje ideální přísun základních živin pro zajištění životních funkcí a růstu. Zooplankton obsahuje 20% sušiny, ve které je 3-30 % tuků, 50-65 % bílkovin a 3-5 % sacharidů. (Hartman a kol., 1998, Bogut a kol., 2007). Přirozená potrava obsahuje také autolytické enzymy, které se uplatňují při trávení. Pro náš experiment jsme si vybrali dafnie neboli hrotnatky velké (*Daphnia magna*). Dafnie patří do řádu perlooček (*Cladocera*). Živinové složení těla dafnie je uvedeno v tabulce č. 9.

Tabulka č. 9: Živinové složení těla Dafnie (*Daphnia magna*) v % (Bogut a kol., 2007).

Komponent	%	
	Živá hmotnost	Sušina
Voda	97,4	-
Hrubé bílkoviny	1,2	39,2
Hrubé tuky	0,2	5,0
Bezdušikáté látky výtažkové	0,8	27,3
Popeloviny	0,4	14,6

Larvy pakomára mají známé živinové složení, které zkoumal Bogut a kol., (2007). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Tabulka č. 10: Živinové složení těla larvy pakomára uvedeny v % živé hmotnosti a sušiny (Bogut a kol., 2007).

Komponent	%	
	Živá hmotnost	Sušina
Voda	87,9	-
Hrubé bílkoviny	7,6	55,7
Hrubé tuky	1,3	9,7
Bezdušikáté látky výtažkové	2,1	26,4
Popeloviny	1,1	8,2

Na základě provedené analýzy literárních zdrojů byla vytipována následující krmiva a složky přirozené potravy pro zjištění jejich stravitelnosti. Cílem bakalářské práce je tedy zjistit obsah a stravitelnost jednotlivých krmiv a ingrediencí, zhodnotit zjištěná data a určit jejich vhodnost pro použití v rybničním hospodářství. Dále navrhnout nové možnosti krmení jednotlivých ingrediencí, či jejich kombinace za účelem dosažení co nejlepšího využití krmiva, zajištění co největšího přírůstků a zabránit snižování kvality vody.

3 Metodika

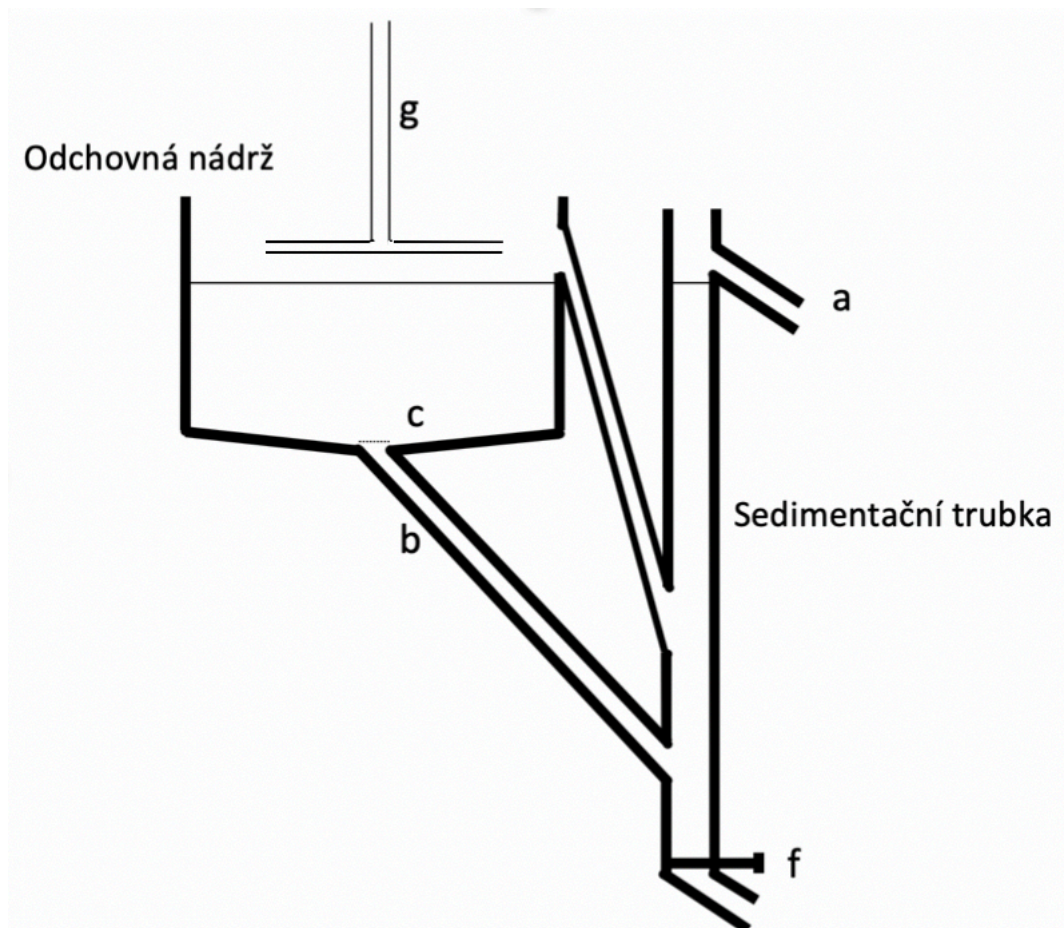
Praktická část mé bakalářské práce byla zaměřena na testování různých složek krmiva pro kapra obecného. V projektu bylo využito komerční krmení od společnosti Skretting, dále pšenice, kukuřice, tritikále a dva zástupci přirozené potravy (dafnie a larvy pakomára). Pokus probíhal v akvariijní místnosti Ústavu akvakultury a ochrany vod v řízených podmínkách speciálně upraveného recirkulačního systému.

3.1 Systém odchovu

Celý pokus probíhal v recirkulačním systému. Systém se skládal z 12 chovných nádrží o objemu 100 litrů vody. U nádrží byl použit sedimentační systém na odběr výkalů, který se skládá z trubky, ve které dochází k usazování výkalů a následně může být odebrán vzorek pomocí spodního uzávěru opatřeným kohoutkem pro snadné odebrání (modifikovaný Guelp systém). Odběr výkalů je proveden pro každou nádrž individuálně, aby bylo možné odebrat samostatný vzorek z každé nádrže. Schéma je uvedeno a popsáno na obrázku č. 3.



Obrázek č. 3: Schéma odchovného systému s popisem základních částí



Obrázek č. 4: Schéma odchovné nádrže a sedimentační trubky (a – sekundární odtok, b – primární odtok, c – síto na odtoku, g – přívod vody, f – vývod pro odběr vzorků a odstraňování pevných látek), (vlastní zdroj).

3.2 Použité ryby pro experiment

Pokus probíhal na kapru obecném formě šupinaté (*Cyprinus carpio*). Hmotnost ryb se pohybovala v rozmezí 150-450 g. Ryby byly náhodně rozděleny do jednotlivých nádrží. Celková biomasa ryb v nádrži činila 7 kg.

3.3 Podmínky chovu

Ryby byly chovány v uměle řízených optimálních podmínkách. Teplota vody se pohybovala v rozmezí 19 °C-24 °C, hodnota kyslíku byla od 3-6 mg/l⁻¹. Parametr pH byl udržován mezi 6,7-7,5. Amoniak a dusitany se pohybovaly pod hodnotami, které prokazatelně způsobují stres ryb. Během celého pokusu nebyla zaznamenána žádná mortalita ryb.

3.4 Formulace testovaného krmiva

Testované krmivo bylo připraveno smícháním kontrolního krmiva Skterring Carpe a testované složky v poměru 70:30. Testovalo se 5 krmných ingrediencí z toho 3 s přidáním obilovin (pšenice, kukuřice a tritikále) a 2 s přidáním přirozené potravy (Dafnie, larvy pakomára). Krmení Skretting Carpe-F 3-5 mm bylo použito pro kontrolní krmivo bez přidání dalších složek.

Jako „marker“, tedy nestravitelný ukazatel stravitelnosti, byl použit oxid yttritý (Y_2O_3) a oxid chromitý (Cr_2O_3) o obsahu 1 % váhy suché směsi. Krmení bylo připraveno šrotováním, mícháním, přidáním vody (40-50% hmotnosti sušiny) a následným extrudováním pelet za studena. Extrudované pelety se sušily na vzduchu a poté v sušičce pomocí 50 °C horkého vzduchu po dobu 24 hodin. Pelety byly manuálně nalámány na optimální velikost pro ryby. Usušené, nalámané pelety byly zabaleny a uloženy v lednici při 4 °C, připravené pro následné samotné krmení. Pelety byly potápivého charakteru. (Glencross a kol., 2007)



Obrázek č. 5: Vlevo na váze přesné odměření suché ingredience, která tvořila základní směs krmení. Vpravo použitý indikátor oxid yttritý.



Obrázek č. 6: Vlevo namíchaná suchá směs s přidáním indikátorem. Vpravo extrudér, který za studena zpracovává již navlhčenou směs a vytlačuje dlouhé pelety, které se nechají sušit a poté se nadrtí na požadovanou velikost 3-5 mm.

3.5 Postup aplikace krmiva

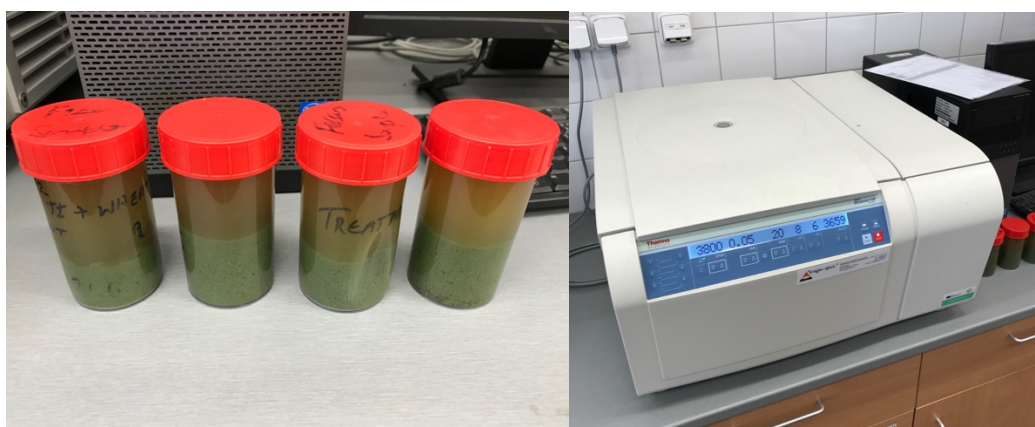
Krmení bylo rozděleno na dvě poloviny. Ryby v 6 nádržích se krmily pomocí testované krmiva. Ryby v dalších 6 nádržích se krmily pomocí tzv. kontroly, tedy krmiva bez přidání testované ingredience. Nádrže byly uspořádány střídavě. Krmení se aplikovalo ručně a vizuálně se kontroval příjem krmiva. Krmení se provádělo pravidelně dvakrát denně (ráno a odpoledne). Interval mezi krmením byl 6 hodin. Celková dávka krmiva byla spočítána na základě metabolické tělesné hmotnosti – 16 g krmiva na 1 kg tělesné hmotnosti ($\text{kg}^{0,8}$) denně. Rovnají se 5x jejich požadavků na výživu (Kumar a kol., 2011). Půl hodiny po podání krmiva se nádrže propláchly za účelem odstranění krmiva, které nebylo rybou přijmuto. Odstranění krmiva bylo zabráněno kontaminaci vzorků výkalů v sedimentačních trubkách. Obvykle bylo přijmuto 100 % krmiva.

3.6 Sběr a zpracování výkalů

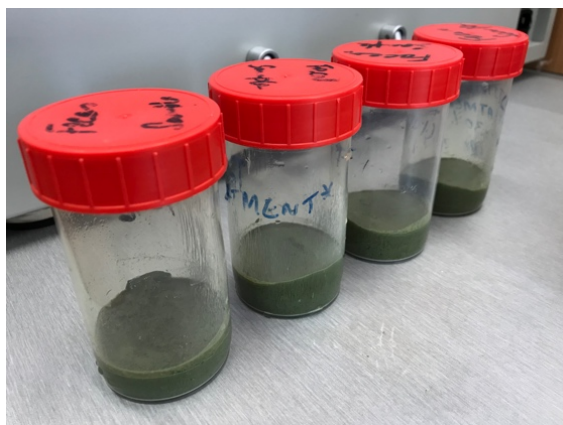
Sběr výkalů probíhal pasivně. Výkaly byly pomalu usazovány v sedimentačních trubkách. Odběr výkalů probíhal 3 dny po začátku experimentálního krmení ryb. Tento průběh byl zvolen kvůli homogenizaci zažívací traktu na ukazatele stravitelnosti a aklimatizaci ryb na nové krmivo. Sběr výkalů probíhal po dobu 7 dní, z každé nádrže a pravidelně každé 4 hodiny. Pravidelnost sběru výkalů minimalizovala možné riziko

vyluhování živin a ukazatele stravitelnosti do vody. Sběr výkalů se prováděl každý den každé 4 hodiny po druhém krmení a pokračoval do půlnoci.

Vzorky výkalů byly nasbírány, následně se usadily a přebytečná voda se odlila pryč. Výkaly se ihned zamrazily. Výkaly z kontrolních nádrží se shromáždily do jednoho vzorku a výkaly z testovaných nádrží se shromáždily také do jednoho vzorku. Zmrzlé vzorky se rozmrazily a následně centrifugovaly. Volná voda (supernatant) byla dále uložena a sediment výkalů byl sušený mrazem na 24 hodin (12 hodin vlastní sušení a 12 hodin finální sušení).



Obrázek č. 7: Vlevo vzorky výkalů před zpracováním v centrifuze. Vpravo centrifugační koncentrátor.

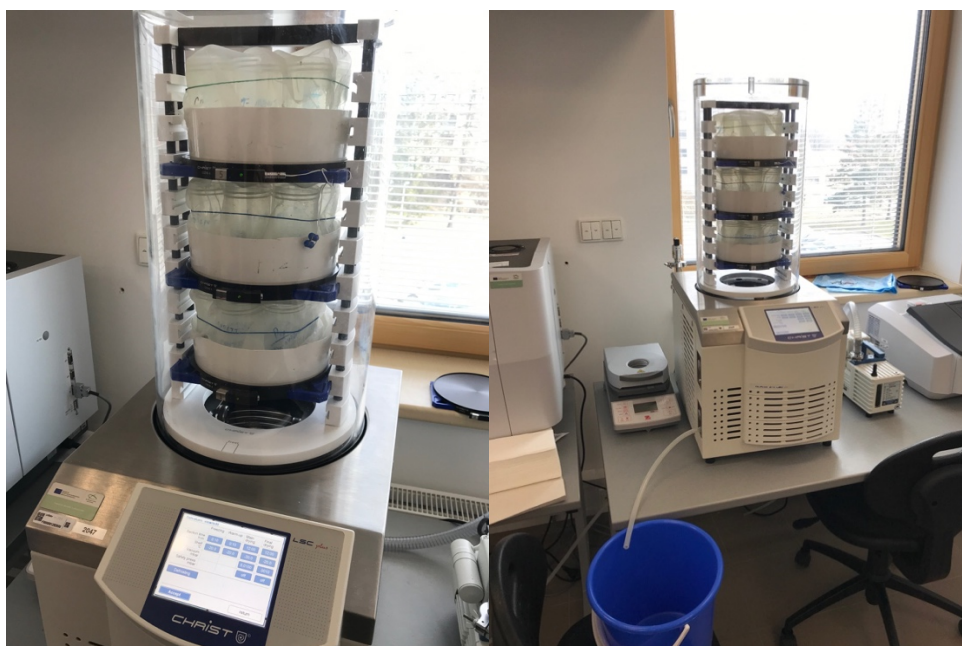


Obrázek č. 8: Vzorky výkalů po provedení centrifugace a odlití přebytečné tekutiny.

3.7 Analýza obsahu živin

Výkaly byly analyzovány na obsah vlhkosti, hrubých bílkovin, hrubého tuku, hrubé vlákniny, hrubých popelovin, fosforu, chromu a ytria. Všechny koncentrace byly počítány

na 100 % suché základní směsi. Standardní metoda analýzy obsahu hrubých živin byla provedena podle AoAC (1995).



Obrázek č. 9: Vlevo detailní pohled na uspořádání vzorků v lyofilizátoru. Vpravo celkový pohled na přístroj.

3.8 Výpočet koeficientu bilanční stravitelnosti

Bilanční stravitelnost byla zjišťována podle protokolu Maynarda a Loosliho (1969):

$$\text{BSK (\%)} = 1 - ((Y_{\text{krmiva}} \times \text{Parametr}_{\text{výkalů}}) / (Y_{\text{výkalů}} \times \text{Parametr}_{\text{krmiva}}))$$

$$\text{BSI (\%)} = ((\text{BSK}_{\text{test}} \times \text{Živ}_{\text{test}} - (\text{BSK}_{\text{kontrol}} \times \text{Živ}_{\text{kontrol}} \times 0,7)) / (0,3 \times \text{Živ}_{\text{přísady}}))$$

BSK – bilanční stravitelnost krmiva

BSI – bilanční stravitelnost ingrediencí

Živ – živiny (v testovaném krmivu, kontrolním krmivu, přísady).

Výsledné hodnoty určovaly hrubý obsah bílkovin, lipidů, sacharidů, fosforu a energie. BSK test a BSK kontrol udávali hodnotu stravitelnosti testovaného krmiva a kontrolního krmiva. Živ přísady, Živ test a Živ základ popisovali bilanční stravitelnost lipidů, bílkovin, sacharidů, fosforu v testovaném krmivu a kontrolním krmivu.

4 Výsledky

Primárně bylo zjišťováno zastoupení a bilanční koeficient stravitelnosti krmiv a ingrediencí, následně stravitelnost živin, energie a odpadních látek. Všechny živiny, které jsou uváděny v nadcházející podkapitole, jsou hrubé a jejich obsah i koeficient bilanční stravitelnosti (dále jen KBS) je udáván v % sušiny ($\text{g}/100\text{g}^{-1}$).

4.1 Obsah živin a koeficient bilanční stravitelnosti krmiv

Obsah živin a koeficient bilanční stravitelnosti krmiv byl změřen u kontrolního experimentálního krmiva, které bylo analyzováno jako první na obsah jednotlivých živin a jejich stravitelnost. Všechny změřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 11. Z analýzy vyplývá, že kontrolní krmivo má průměrné hodnoty obsahu živin a jejich následné stravitelnosti.

4.2 Obsah živin a koeficient bilanční stravitelnosti ingrediencí

Obsah živin a koeficient bilanční stravitelnosti jednotlivých ingrediencí byl analyzován pro pšenici, kukuřici, tritikále, dafnie a larvy pakomára. Větší využitelný obsah bílkovin a tuků byl zjištěn u přirozené potravy, naopak hodnota BNLV byla vyšší u obilovin. U pšenice byla naměřena pouze hodnota 38 %, protože odběr výkalů byl při tomto testování prováděn příliš často. Bilanční koeficient stravitelnosti vlákniny nebyl u obilovin stanoven, jelikož rostlinná vláknina je pro ryby špatně stravitelná. KBS popelovin se nepodařilo analyzovat pro všechny ingredience. Hodnoty obsahu fosforu zaznamenaly velkou odchylku mezi přirozenou potravou a obilovinami. Analýza přirozené potravy ukázala vyšší obsah bílkovin, vlákniny a popelovin, ale vyšší KBS pouze u bílkovin a v porovnání s obilovinami má tedy nižší obsah nevyužitelné části. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedené v tabulce číslo 12.

Tabulka č. 11: Složení (% sušiny) a bilanční koeficient stravitelnosti (%) experimentálních krmiv.

Krmení	Hrubé bílkoviny (%)		Hrubé tuky (%)		Hrubé BNLV (%)		Hrubá vláknina (%)		Hrubý popel (%)		Hrubý fosfor (%)	
	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS
Skretting carp (kontrolní krmivo)	37,38	85,45	7,09	85,20	37,53	69,42	8,28	10,2	9,72	39,53	1,07	37,46
Kombinace 70 % kontroly a 30 % pšenice	32,34	83,19	6,27	94,91	43,43	64,34	9,30	10,8	8,65	25,94	1,05	42,57
Kombinace 70 % kontroly a 30 % kukuřice	28,57	70,16	6,12	79,24	51,75	72,63	5,65	-	7,90	-	0,81	8,3
Kombinace 70 % kontroly a 30 % tritikále	28,09	69,58	6,27	71,5	51,69	66,93	6,18	-	7,77	-	0,75	-
Kombinace 70 % kontroly a 30 % dafnie	42,18	86,07	6,16	90,37	30,91	59,3	9,49	12,31	11,25	26,17	1,11	61,01
Kombinace 70 % kontroly a 30 % larvy pakomára	52,88	87,12	5,06	71,84	22,62	55,3	7,65	-	11,8	44,79	0,99	57,67

Pozn. Skretting carp krmivo bylo používáno jako kontrolní a dále se používalo jako základ pro další druhy krmiva v poměru 70 % Skretting carp a 30 % přidané ingredience (pšenice, kukuřice, tritikale, dafnie, larvy pakomára).

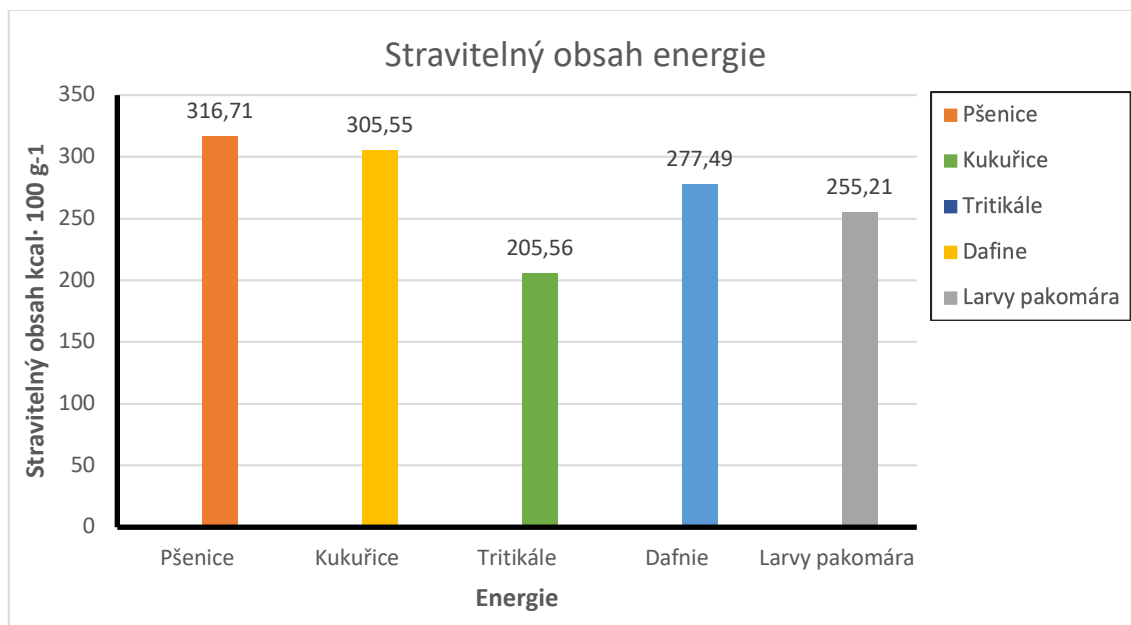
BNLV – bezdusíkaté látky výtahové.

Tabulka č. 12: Složení (% sušiny) a bilanční koeficient stravitelnosti (%) testovaných ingrediencí.

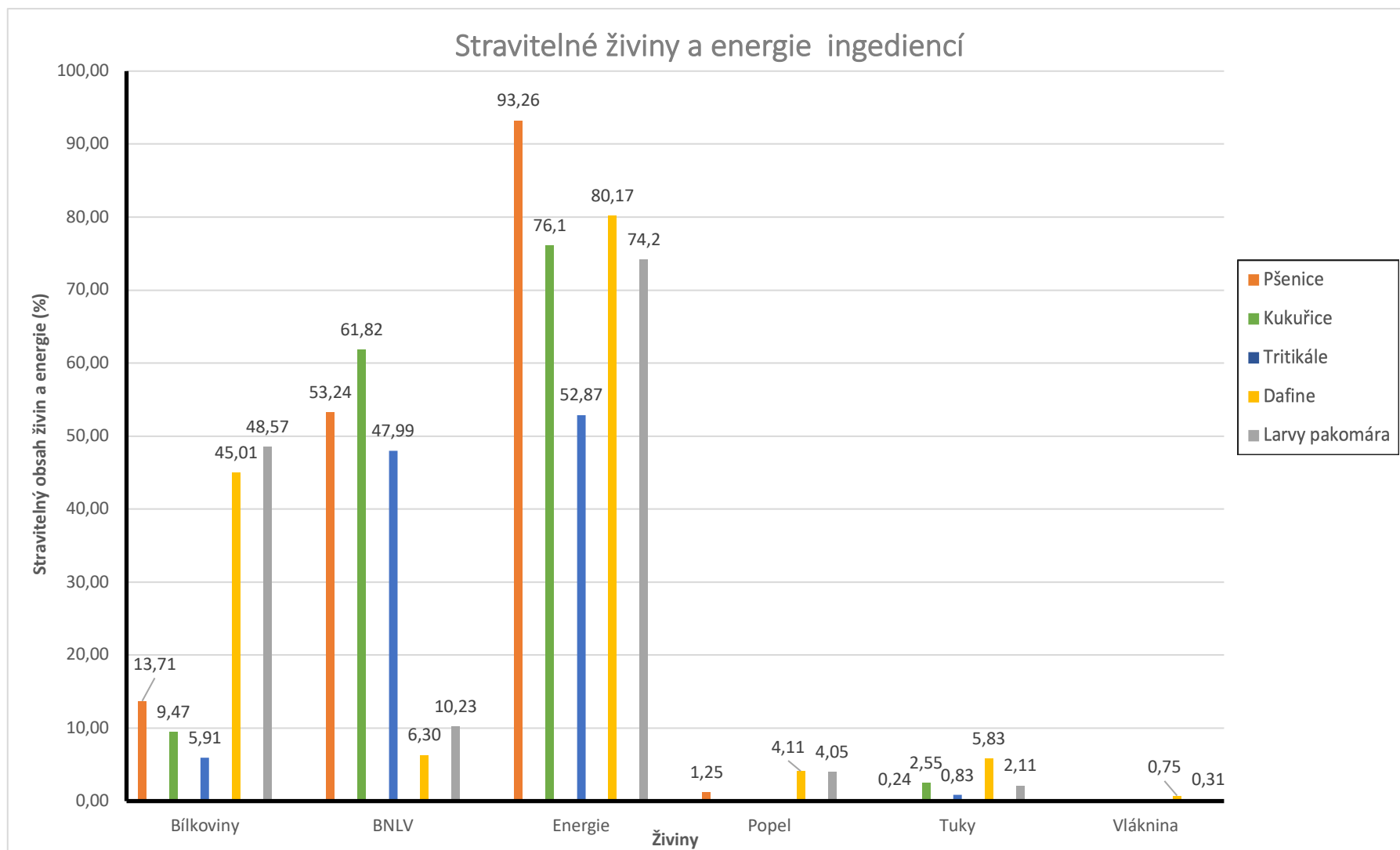
Ingredience	Hrubé bílkoviny (%)		Hrubé tuky (%)		Hrubé BNLV (%)		Hrubá vláknina (%)		Hrubý popel (%)		Hrubý fosfor (%)		Hrubá energie (kcal·100 g ⁻¹)	
	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS	Obsah	KBS
Pšenice	18,12	75,70	0,24	99,00	66,28	80,33	8,49	0	4,76	26,22	1,0	36,01	339,76	93,26
Kukuřice	13,36	70,87	4,08	62,40	77,84	79,42	3,34	-	1,38	0	0,38	24	401,52	76,1
Tritikále	15,63	37,84	1,76	47,15	77,61	61,84	3,25	-	1,75	-	0,36	-	388,8	52,87
Dafnie	55,93	80,47	5,89	99,0	17,35	36,3	8,69	8,64	12,13	33,85	1,34	72,18	346,13	80,17
Larvy pakomára	52,88	91,85	4,4	67,2	21,86	46,80	4,78	6,39	16,1	25,16	0,99	75,73	338,56	74,2

4.3 Stravitelné živiny a energie

Obsah stravitelných živin a energie u sledovaných ingrediencí a jejich vzájemné porovnání pro výživu kapra zobrazuje graf č. 1 a 2. V grafu č. 1 je uvedené množství stravitelné energie v kcal·g⁻¹ stanoveno v sušině. Významné množství stravitelné energie prokázala pšenice, která je energeticky velmi bohatá. Kukuřice a dafnie měly množství stravitelné energie nepatrně menší, a larvy pakomára společně s tritikále výrazně zaostávaly. Hodnoty stravitelných živin udávají množství, kolik g živin je využito ze 100g krmiva (g·100 g⁻¹). Nejvíce stravitelných bílkovin měla přirozená potrava, nejméně obiloviny. Výrazný rozdíl mezi přirozenou potravou a obilovinami byl také u obsahu stravitelných BNLV, kde hodnota stravitelných živin byla pod 10 % u přirozené potravy, naopak obiloviny dosáhly nejvyšší hodnoty 62 %. Stravitelné množství popelovin bylo analyzováno u přirozené potravy (4 %) a u obilovin pod 1,25 %. Analýza ukázala využitelné množství tuků u kukuřice a přirozené potravy. Hodnoty vlákniny dosáhly nevýznamných hodnot.



Graf č. 1: Obsah stravitelné energie kcal·100 g⁻¹ v sušině.



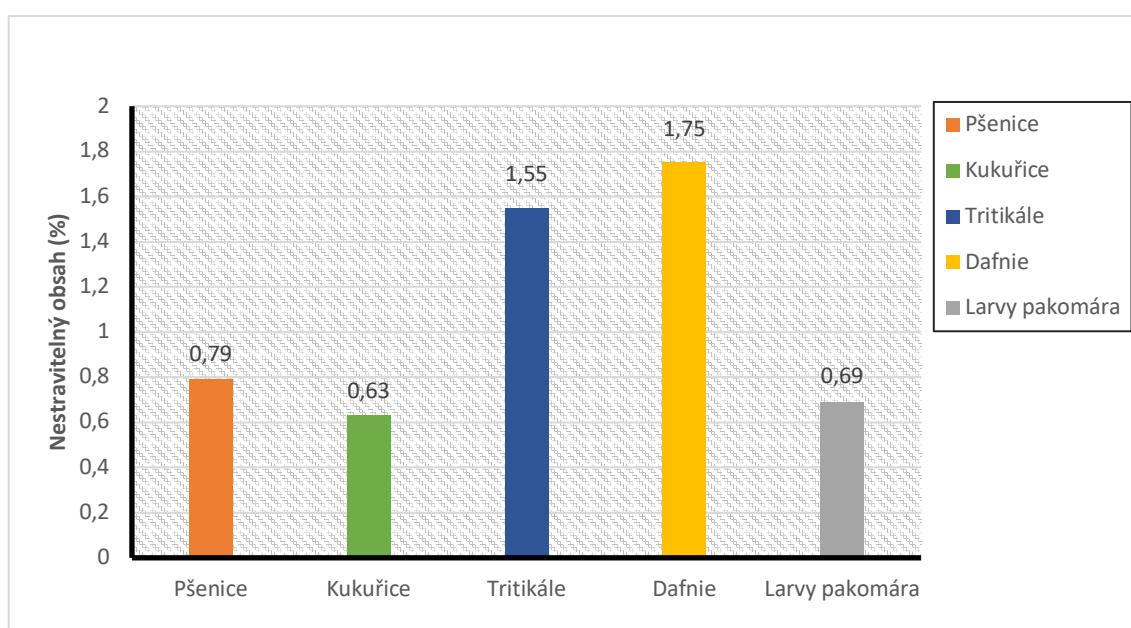
Graf č. 2: Stravitelné živiny a energie ingrediencí (živiny: $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ sušiny). Stravitelnost energie: $\text{kcal hrubé energie} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

4.4 Odpadní (nestravitelné) látky

Všechny hodnoty jsou uváděny v % sušiny ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Dusík

Zastoupení dusíku v obilovinách bylo pod 3 % a v přirozené potravě přes 8 %. Stravitelný dusík byl také razantně rozdílný, kdy přirozená potrava měla přes $7 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a nejvyšší hodnoty obilovin $2,5 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Nestravitelný obsah je uveden v grafu č. 2. Největší obsah nestravitelného dusíku má dafnie a tritikále.

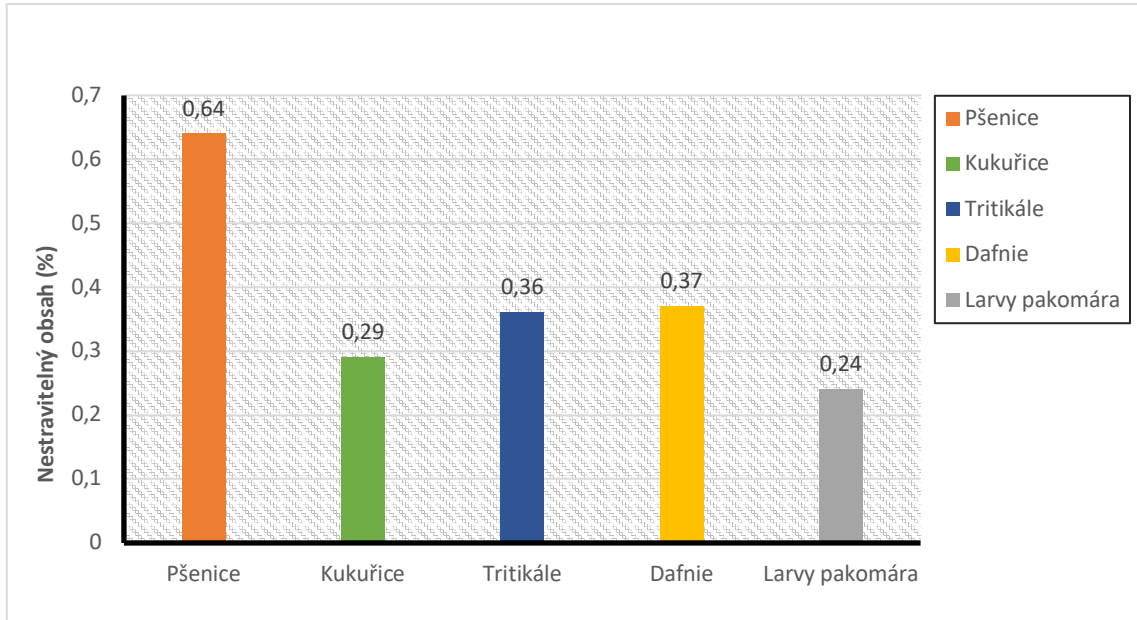


Graf č. 3: Nestravitelný (odpadní) obsah dusíku (%).

Fosfor

Nejvyšší obsah hrubého fosforu byl zaznamenán v přirozené potravě, kdy u dafnie dosáhl přes 1,3 % a využitelným podílem téměř 1 %. Zbytkový fosfor u dafnie byl $3,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a u larev pakomára $2,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Hodnoty u obilovin byly nepatrně vyšší. Kukuřice obsahovala hrubého fosforu 0,38 % a jeho využitelný obsah tvořil pouze 0,09 %. Hodnoty pšenice byly nejvyšší z obilovin, hrubý fosfor 1 %, využitelný obsah 0,36 % a zbytkový fosfor $6,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Z testovaných obilovin byly nejvyšší hodnoty fosforu zaznamenány u pšenice, která obsahovala 1 % hrubého fosforu s využitelným podílem 0,36 %. Jeho

zbytkové množství v pšenici tvořilo $6,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, tedy nejvíce z testovaných ingrediencí. U tritikále bylo zjištěno více než 0,3 % hrubého fosforu s téměř žádnou využitelností, a tak podíl zbytkového hrubého fosforu dosahoval hodnoty $3,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$.



Graf č. 4: Nestravitelný (odpadní) obsah fosforu (%).

5 Diskuze

Obsah jednotlivých živin a jejich koeficient bilanční stravitelnosti

V minulosti se podobnou problematikou zabývala řada studií. Velmi podobný pokus provedl Chu a kol. (1991), který používal téměř podobnou metodiku pokusu až na mírné změny, které se týkaly jiné hmotnosti celkové obsádky, počtu testovaných a kontrolních nádrží a další nepatrné odchylky. Důležité parametry byly použity stejně, jako při našem pokusu, tedy průměrná váha ryb použitých v experimentu 300 g, fyzikální a chemické vlastnosti vody i stejný princip odběru výkalů a jejich analýza. Při porovnání výsledků pšenice se shodují naměřené hodnoty obsahu bílkovin a stravitelnost energie. Chu a kol. (1991) testoval také kukuřici, kde se získané hodnoty také neliší. Stravitelnost energie 75 % a námi analyzována hodnota je 76 %.

Degani a kol. (1997) zjistili hodnoty obsahu bílkovin 23 % a stravitelnosti pšenice 77 %, v porovnání s obsahem 18 % a stravitelností 76 % se jedná o statisticky nevýznamnou odchylku a potvrzuje tak správnost naší analýzy i přes to, že Degani a kol. (1997) používali jinou metodu na testování, která chovala ryby odděleně v boxech 40x40x80 cm a odběr výkalů se prováděl pomocí kanuly přímo ze střev ryb. Degani a kol. (2006) svůj experiment opakoval s použitím pšenice a výsledná data mají nižší hodnoty než námi naměřené, ale shodné hodnoty jsme zaznamenali při obsahu BNLV 66 % se stravitelností přes 80 %.

Vlastní experiment na obsah a stravitelnost provedl i Yamamoto a kol. (2001), kde nám ale výsledná analýza neposkytla dostatečné množství zjištěných hodnot k porovnání. To samé platí i při analýze od Watanabe a kol. (1996), ze které můžeme porovnat pouze obsah a stravitelnost bílkovin u pšenice, která má podobné hodnoty jako vlastní měření.

U kukuřice máme k porovnání několik pokusů, kde se jedná převážně o experimenty, ve kterých byl testovaný kukuřičný lepek. Z tohoto důvodu nemůžeme porovnávat zjištěné údaje s našimi výsledky pro kukuřici. Kukuřičný lepek obsahuje 65 % bílkovin se stravitelností 95 % (Yamamoto a kol., 1998) a tyto hodnoty potvrzuje i Pongmaneerat a Watanabe (1991). Analýza obsahu tuků ukázala stejně vysoký obsah, přes 4 %, stejně jako u experimentu Watanabe a kol. (1996). Stankovič a kol. (2014) analyzoval obsah tuků přes 8 % se stravitelností 75 %. Tyto hodnoty naším experimentem nemůžeme potvrdit, ale dokážeme potvrdit vyšší obsah tuků a jejich dobrou stravitelnost, která je přes 62 %. Kukuřice má vysoký obsah BNLV 78 % se stravitelností necelých 80 %. Heinz

a kol. (2016) stanovil obsah BNLV 27 %. Jde o velký rozdíl, který mohl být způsobený chybou měření, proto by bylo vhodnější porovnat zjištěná data s výsledky z nového experimentu.

Výsledné hodnoty pro tritikále nelze porovnat, jelikož se touto ingrediencí doposud nikdo nezabýval. Námi získané hodnoty tak mohou v budoucnu sloužit osobám zabývajícím se danou problematikou jako prvotní informace o obsahu živin a bilanční stravitelnosti tritikále. V porovnání s ostatními obilovinami dosáhlo tritikále nejhorších hodnot stravitelnosti bílkovin a tuků. BNLV jsou lépe využitelné u tritikále než u pšenice, ale naopak hůře využitelné než u kukuřice. Jejich obsah je srovnatelný.

Dafnie a larvy pakomárů mají známé hodnoty o živinovém složení těla. Bogut a kol. (2007) zaznamenal o 10 % nižší všechny hodnoty u Dafnie, než byly naměřeny v našem pokusu. Záznam o stravitelnosti jednotlivých živin nemáme s čím porovnat, protože jsme jako se jako první zabývali touto problematikou. U larev pakomárů jsme naměřili přibližně stejný obsah bílkovin a BNLV, ale vyšší obsah tuků a vyšší obsah popele než Bogut a kol. (2007). Obsah fosforu u přirozené potravy byl přes 1 %, tedy daleko vyšší než u obilovin, ale stravitelnost fosforu z přirozené potravy dosáhla 2x větší hodnoty než obiloviny, konkrétně 76 %.

Stravitelná energie

Stravitelná energie je jednoznačně velmi důležitou a vypovídající informací o krmivu, proto je při pokusu více než žádaná její analýza. Výsledné hodnoty získané z analýzy stravitelné energie lze porovnat hned s několika již zrealizovanými experimenty.

Nejvyšší stravitelnosti energie s hodnotou 93,26 % dosáhla pšenice. Yamamoto a kol. (2001) uvádí obsah energie 89 %, naopak Degani a kol. (1997) analyzoval obsah stravitelné energie nižší o 10 %. Ještě nižší obsah stravitelné energie analyzoval Chu a kol. (1991), jejíž hodnota činí 66 %.

Druhý nejvyšší obsah měla kukuřice, kde byla výsledná hodnota 76 %. Stejně hodnoty zaznamenal i Chu a kol. (1991). V porovnání s hodnotami dalších autorů se jedná o průměrnou stravitelnost. Pongmaneerat a Watanabe (1991) analyzovali 93% stravitelnost energie u kukuřice. Oproti tomu Heinitz a kol. (2016) uvádí pouze 82% stravitelnost a nejnižší hodnotu 65 % uvádí Stankovič a kol. (2014). Rozdíl mezi nejvyšší

a nejnižší známou hodnotou je necelých 30 % a nejčtenější hodnoty se pohybují okolo 75 %, z čehož vyplývá, že naše měření bylo správné.

Vysokou stravitelnost zaznamenala i dafnie, s hodnotou 80 %. Larvy pakomára měly nižší hodnoty o 5 %. Nejhůře dopadlo tritikále s 53 % stravitelné energie. Nevýhodou u tritikále je však nemožnost si tuto hodnotu porovnat s výsledky jiného autora, jelikož analýza stravitelné energie pro tritikále nebyla v minulosti prozatím uskutečněna.

Obsah vlákniny a popele se nám podařilo stanovit, ale hodnoty jejich stravitelnosti nejsou nijak významné. Vlákna z obilnin je pro kapra obecného nestravitelná, tudíž její hodnoty jsou nulové. U přirozené potravy jsme zaznamenali vysoký obsah vlákniny a prokázala se i jejich stravitelnost, ovšem analyzovaná data není možné porovnat s jinými výsledky, tudíž si nemůžeme být jistí správností uváděných hodnot. Obsah popele se nám podařilo analyzovat a pro pšenici jsme naměřili 26% stravitelnost. U přirozené potravy byl zjištěn obsah popele maximálně 16 %, což je čtyřnásobek nejvyšší hodnoty obsahu u obilovin. Stravitelnost popele u přirozené potravy dosáhla 30 %.

Stravitelný fosfor

Posledním zkoumaným parametrem, který lze porovnat s již publikovanou literaturou, je obsah a stravitelnost fosforu pro pšenici a kukuřici. Hodnotu 0,4 % obsahu fosforu u pšenice zaznamenal Chu a kol. (1991), což v porovnání s naší hodnotou 1,0 % definuje významný rozptyl.

U kukuřice analyzoval Chu a kol. (1991) 0,68 % obsahu fosforu, Heinitze a kol. (2016) množství 0,95 % obsahu fosforu se stravitelností 37,3 %. Výsledkem naší analýzy je dosažení stravitelnosti s hodnotou 24 % z obsahu 0,4 % fosforu. Za nejpřesnější hodnoty jsou považována, dle mého názoru, data získaná z výsledků experimentu od Heinitze a kol. (2016), jelikož při realizaci pokusu byly rybám odebírány výkaly přímo z konečníku za pomoci vytlačovací metody. Díky tomu bylo zachováno nejpřesnější složení výkalů a nemohlo dojít k vyplavení části obsahu fosforu do volné vody, jako tomu bývá při běžném experimentu, kdy se výkaly odebírají ze sedimentačních trubek.

Systém příkrmování v produkčním rybářství

Produkce ryb v České republice se pohybuje kolem ~20 000 kg kapra obecného ročně a spotřeba obilovin v rybářství za stejné období činí přibližně ~40 000 kg. Je obecně

známo, že na 1 kg přírůstku je potřeba 2 – 2,5 kg obilovin. V tomto množství obilovin jsou obsaženy z největší části využitelné živiny, dále živiny nevyužitelné a odpadní látky. Všechna zjištěná data budou následně převedena na hodnoty k poměru ~40 000 kg, tedy celkové roční spotřebě obilovin.

Průměrný obsah bílkovin u obilovin je 16 %, tedy přibližně 6 400 kg, průměrná bilanční stravitelnost má hodnotu 64 %. Z celkového obsahu bílkovin bude využito ~4 100 kg a zbylých ~2 300 kg bílkovin nebude využito vůbec.

Průměrný obsah tuků u obilovin je 2 % a jejich stravitelnost činí ~70 %. V krmivu bude celkově obsaženo ~800 kg tuků a využito bude ~560 kg, zbylých ~240 kg bude vyloučeno. Obsah bezdusíkatých látek výtažkových je ~74 % a stravitelnost ~57 %. Z průměrné hodnoty 29 600 kg BNLV bude využito pouze ~17 000 kg a zbylých ~12 600 kg bude vyloučeno. Obsah vlákniny u obilovin tvoří ~5 %, popele ~2,6 %. Jelikož se jedná o špatně stravitelné živiny, ~2000 kg vlákniny bude vyloučeno a z ~1000 kg popelovin bude využito pouze ~124 kg. Obsah fosforu v krmivu byl stanoven průměrně na 0,6 %, celková stravitelnost má průměrnou hodnotu 30 %. Budeme-li se zabývat reálnou hodnotou obsahu fosforu v obilovinách, činí průměrně 240 kg. Jde o množství, které bude přijmuto, využito bude ~72 kg a vyloučeno ~168 kg fosforu. Množství vyloučeného dusíku přesáhne ~1000 kg.

Množství odpadního dusíku a fosforu z krmiva v rybničním hospodaření

Zhodnotíme-li veškerá zjištěná data z provedeného pokusu, můžeme definovat vhodnost jednotlivých krmiv a jejich kombinací pro rybniční hospodářství. Zdánlivě nejlepší variantou se nám nabízí přirozená potrava, ale není tomu tak, protože není příliš energeticky bohatá. Z analyzovaných výsledků vyplývá, že nejlepší variantou není jednotlivé krmivo, ale kombinace více druhů. Z obilovin dosáhla nejlepších hodnot pšenice, která má velký obsah lehce stravitelné energie (78 %). Ta je důležitá pro rychlý růst rybí svaloviny. Nízký obsah bílkovin (pod 15 %) lze vyřešit podporou přirozené potravy, která má znatelně vyšší množství využitelných bílkovin (48 %). Přirozená potrava se také významně podílí na příjmu fosforu, který je pro rybu nezastupitelný při tvorbě kostní tkáně, celkovém růstu ryby a metabolismu buněk. I další hodnoty se vzájemně doplňují a vytváří nám tedy vhodnou kombinaci. Kukuřice zaostávala za pšenicí v obsahu využitelných bílkovin i důležité energie. Kukuřice by se neměla používat jako samostatné krmivo v chovech kapra, z důvodu jejího vysokého obsahu

tuků. Ty by způsobily vysoké množství tuku v rybí svalovině a následně snížily výtěžnost, či negativně ovlivnily senzorické vlastnosti. Nejhorší variantou pro rybníkářství představuje tritikále, které zaostává ve všech parametrech a díky své nízké stravitelnosti má velký dopad na kvalitu vody. Významné rozdíly tritikále byly zjištěny ve stravitelnosti bílkovin (38 %), tuků (47 %) a energie (53 %). Přirozená potrava potvrdila roli kvalitního zdroje bílkovin a zaznamenala vysoký obsah bílkovin (53 %) s výbornou stravitelností přes 80 %. Nízký obsah s nízkou stravitelností BNLV potvrzuje naše tvrzení o vhodnosti kombinace přirozené potravy s obilovinami, konkrétně pšenicí.

Účinnost přirozené potravy a doplňkových krmiv v rybníčním hospodaření.

Produkce kapra obecného činí v České republice 18460 tun (CZ-ryby, 2019). Vysoká produkční schopnost kapra je závislá na příkrmování obilovinami (~ 2–2,5 konverzní poměr krmiva; 36920–46150 tun) a přirozené potravě (~ 0,3 - 0,4 konverzní poměr krmiva, 5538-7384 tun základní sušiny). Množství dusíku a fosforu ve výkalech a z metabolismu je zpracováno v tabulce č. 13. Uvedené hodnoty jsou pro 41 080 ha českých rybníků. Z tabulky je dopočítáno množství 7,6–14,2 kg dusíku a 2,1 až 2,8 kg fosforu na hektar rybníční plochy. Zemědělství v České republice má 2 - 3krát vyšší hodnoty, 32 kg·ha⁻¹ dusíku (Rosendorf a kol., 2016) nebo 5-6 kg·ha⁻¹ fosforu (Kronvang a kol., 2007). Retence dusíku a fosforu u kaprů byla ~ 28–36 %, respektive 39–50 %.

Naše předběžné odhady dokazují, že je nesprávné poukazovat na vysokou eutrofizaci v českých rybnících díky doplňkovému krmení. Prioritou by měly být způsoby, které by zlepšily retenci N a P v kaprech.

Tabulka č. 13: Obsah dusíku a fosforu z metabolismu a výkalů ryb z krmiva (Roy a kol, 2019b).

Obilovina	Přirozená potrava
Průměr: N: 2,62 %, P: 0,58 %	Průměr: N: 9,57 %, P: 1,19 % sušiny
24,1-44,9 kg N z 1 tuny kaprů ⁻¹	9,9-18,2 kg N z 1 tuny kaprů ⁻¹
8,7-11,6 kg P z 1 tuny kaprů ⁻¹	0,7-0,9 kg P z 1 tuny kaprů ⁻¹
N:P ~3:1–4:1	N:P ~14:1–20:1
Rozeštěné množství	
17-31,5 kg N a 4,7-6,2 kg P z 1 tuny kaprů ⁻¹	
N:P stechiometricky ~ 9:1–12:1 (bez eutrofizace)	

Byla testována vhodnost optimálního poměru krmiva na základě krmných koeficientů pro kapry, podrobená polointenzivním podmínkám chovu v českých rybnících. Přirozená potrava má přibližně 6 - 8krát vyšší využitelnost než obiloviny. Provedli jsme několik hypotéz se stravitelnými bílkovinami, fosforem a bezbílkovinými zdroji energie z přirozené potravy vs. obilovin, abychom získali optimální obsah stravitelných bílkovin (~ 31-32 %), hladiny fosforu (~ 0,6-0,7 %) a stravitelné energie (320 kcal·100 g⁻¹ krmivo) podle NRC (2011) pro kapra obecného. Dále bylo zjištěno, že všechny naše hodnocené poměry krmného koeficientu (přirození potrava: obiloviny) poskytují stravitelnou energii v nadbytku, než je požadováno. V ideálním případě by tedy nemělo být problémem vyvážení dávek stravitelné energie a mělo by se zaměřit spíše na vyvážení stravitelných bílkovin (dusíku) a dostupných zásob fosforu z doplňkového krmení (obilovin). Optimální jsou současné koeficienty krmení (0,3 přirození potrava: 2 obiloviny) v českých rybnících. Využití obilovin v českých rybnících do krmného koeficientu 2 je dost dobré. Retence bílkovin (nebo dusíku) a fosforu u kapra obecného v českých rybnících se v současné době odhaduje na cca 28–36 % a 39–50 % (Roy a kol, 2019b). Aby se snížil živinový dopad způsobený obsádkou kaprů a současně se udržovala vysoká míra růstu, je třeba zvýšit retenci bílkovin a fosforu v kaprech. Pro dosažení tohoto cíle: a) je třeba zvýšit závislost na přirozené potravě kaprů na podporu produkce, b) je potřeba snížit závislost na doplňkovém krmení. Následně jsme zjistili, že 1,5 krmný koeficient pro obiloviny a 0,4 krmný koeficient pro přirozenou potravu mohou zajistit dostatečné množství stravitelných živin a energie s výrazně nižším ekologickým dopadem. V situacích, kdy je obtížné dosáhnout dostatečné přirozené potravy (na bázi vlhké hmotnosti), by měla být použita lepší alternativa k obilovinám s lepší stravitelností proteinů a fosforu (např. luštěniny). Všechny výpočty pro jednotlivé poměry jsou uvedené v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14: Poměr krmiv dle krmných koeficientů pro přirozenou potravu k obilovinám.

	Současná situace			Možná budoucnost	
	0,2: 2	0,25: 2	0,3: 2	0,3:1,5	0,4:1,5
Poměr krmných koeficientů (přirozené potrava: obiloviny)			0,3: 2	0,3:1,5	0,4:1,5
Stravitelné bílkoviny (g·kg ⁻¹ sušiny)	287,6	311	334,4	249,9	332,7
Stravitelná energie (kcal·100 g ⁻¹ sušiny)	604,8	618	631,3	465,7	492,1
Stravitelný fosfor (% sušiny)	<0,6	~0,6	~0,7	<0,6	>0,7

dobry **špatný** **neutrální**

6 Závěr

V bakalářské práci se podařilo splnit cíle, které byly před začátkem stanoveny. Podařilo se analyzovat velké množství dat o již proběhlých experimentech a získat tak důležité poznatky pro následné porovnání s vlastním zjištěním. Porovnávané hodnoty dosáhly velmi malého rozptylu, což potvrdilo správnost vlastní analýzy.

Z výsledků lze s velkou jistotou posoudit kvalitu jednotlivých druhů ingrediencí pro rybniční hospodářství. Určit také vhodnost vybraných krmiv či jejich kombinace za účelem dosažení přírůstku s co nejvyšším využitím dostupných živin. Pšenice dosáhla nejlepších výsledků z obilovin, poté byla kukuřice a nejhůře skončilo tritikále. Pšenice měla stravitelný obsah 15 % bílkovin, 78 % energie. Kukuřice měla stravitelný obsah 62 % BNLV. Přirozená potrava obsahovala velké množství bílkovin s vysokou stravitelností a množství stravitelných živin přes 45 %.

Nejlepší variantou pro produkční rybářství se jeví kombinace pšenice s dostupnou složkou přirozené potravy. Pšenice je velmi dobře stravitelná a plná energie. Přirozená potrava zase obsahuje vysoký podíl dobře využitelných bílkovin, fosforu atd. Naopak nejhorší variantou pro dosažení přírůstku bylo vyhodnoceno použití tritikále, jelikož zjištěné výsledky dosahovaly nejhorších hodnot a je tedy nevhodné jej kombinovat i s ostatními ingrediencemi.

Všechna zjištěná data mohou mít velký význam pro rybniční hospodářství a nově analyzované hodnoty mohou sloužit jako základní pilíř k dalším analýzám a dopomoci tak k rychlejšímu potvrzení správnosti či naopak vyvrácení.

7 Seznam použitých zdrojů

- Adámek, Z., Jirásek, J., Kraupaer, V., 1989. Rybářství a ochrana vod. VŠZ Praha, 122 s.
- Adámek, Z., Linhart, O., Kratochvíl, M., Flajšhans, M., Randák, T., Policar, T., Masojídek, J., Kozák, P., 2012: Aquaculture the Czech Republic in 2012: Modern European prosperous sector based on thousand-year history of pond culture. *Aquaculture Europe* 37, 5–14
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, vol. 4, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. pp. 1–45.
- Appleford, P., Anderson, T. A., 1997. Apparent digestibility of tuna oil for common carp, (*Cyprinus carpio*) – effect of inclusion level and adaptation time. *Aquaculture* 148, 143–151.
- Arlinghaus, R., Niesar, M., 2005. Nutrient digestibility of angling baits for carp, (*Cyprinus carpio*), with implications for groundbait formulation and eutrophication control. *Fisheries Management and Ecology*, 12(2), 91-97.
- Austreng, E., Skrede, A., Eldegard, A., 1979. Effect of dietary fat source on the digestibility of fat and fatty acids in rainbow trout and mink. *Acta Agriculturae scandinavica* 29, 119-126.
- Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176, 227-235.
- Azevedo, P. A., Cho, C. Y., Leeson, S., and Bureau, D. P., 1998. *Aquatic Living Resources* 11, 227–238.
- Baloguma, M., 1995. The prospects of indigenous alternative feed resources for carp culture in Nigeria. *Aquaculture* 129, 391.
- Bergot, F., 1981. Etude de l'utilisation cellulose purifiée chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*). *Reproduction Nutrition Development* 21, 83–93.
- Billard, R., Gall, G. A. E., 1995. The Carp. *Aquaculture* 129, pp 485.
- Bogut, I., Has-Schön, E., Adámek, Z., Hajković, V., Galović, D., 2007. (*Chironomus plumosus* larvae) – a suitable nutrient for freshwater farmed fish. *Agriculture*, 13, 159-162 s.

- Bone, Q., Moore, R. H., 2008. Biology of Fishes, *Aquaculture International*, 16, 481-482.
- Boyd, C. E., Tucker, C. S., 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, USA, pp. 711.
- Bureau, D. P., Kaushik, S. J., Cho, C. Y., 2002. Bioenergetics. In: J. E. Halver and R.W. Hardy., Fish nutrition, Elsevier Science, USA, pp. 1-54.
- Cirič, M., Subakov-Simic, G., Dulic, Z., Bjelanovic, K., Cicovacki, S., Markovic, Z., 2015. Effect of supplemental feed type on water quality, plankton and benthos availability and carp (*Cyprinus carpio* L.) growth in semi-intensive monoculture ponds. *Aquaculture Research* 46, 777-788.
- Craig, S., Helfrich, L. A., 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Frediny. In: http://www.lssu.edu/faculty/gsteinhart/GBS-LSSU/BIOL372-Fish_Culture_files/Feed.pdf
- Csathó, P., Sisák, I., Radimsky, L., Lushaj, S., Spiegel, H., Nikolova, M. T., Karklins, A., 2007. Agriculture as a source of phosphorus causing eutrophication in Central and Eastern Europe. *Soil Use and Management*, 23, 36-56.
- CZ-Ryby (2019) Rybářské Sdružení České Republiky. <http://www.cz-ryby.cz/produkce-ryb/produkce-a-trh-ryb> (27. duben 2019)
- Čítek, J., Krupauer, V., Kubů, F., 1998. Rybníkářství. Praha: Informatorium, 306 s.
- Dabrowski, K., 1983. Comparative aspects of protein digestion and amino acid absorption in fish and other animals. *Comparative Biochemistry and Physiol*, 74A, 416-425.
- Davies, S. J., Gouveia, A., 2010. Response of common carp fry fed diets containing a pea seed meal (*Pisum sativum*) subjected to different thermal processing methods. *Aquaculture*, 305(1-4), 117-123.
- De Silva, S. S., 1991. Fish nutrition research in Asia. Proceedings of the Fourth Asian Fish Nutrition Workshop. Asian Fisheries Society, 5, pp. 205.
- Degani, G., 2006. Digestible energy in dietary sorghum, wheat bran, and rye in the common carp (*Cyprinus carpio* L.).
- Degani, G., Yehuda, Y., Viola, S., Degani, G., 1997. The digestibility of nutrient sources for common carp, (*Cyprinus carpio* Linnaeus). *Aquaculture Research*, 28(8), 575-580.

- Dubský, K., Kouřil, J., Šrámek, V., 2003. *Obecné rybářství*. Praha: Informatorium, 308 s.
- Dvořák, P., Pyszko, M., Velíšek, J., Dvořáková Líšková, Z., Andreji, J., 2014. *Anatomie a fyziologie ryb*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 189 s.
- Eid, A. E., Matty, A. J., 1989. A simple in vitro method for measuring protein digestibility. *Aquaculture*, 79, 111–119.
- Evans, D., 1998. *The physiology of fishes*. CRC Marine Science Series. CRC: Boca Raton, pp. 519.
- Fagbenro, O., 1999. Apparent digestibility of various cereal grain by-products in common carp diets. *Aquaculture International*, 7(4), 277-281.
- Fange, R., and Grove, D., 1979. In “Fish Physiology”, Vol. VIII, Academic Press, New York. pp. 162–260.
- Fauconneau, B., Choubert, G., Blanc, D., Breque, J., and Luquet, P., 1983. *Aquaculture* 34, 27–39.
- Filipiak, J., Sadowski, J., Trzebiatowski, R., 1997. Komparative analysis of results of using different food ration in juvenile wels (*Silurus glanis*) culture. *Acta Ichthyologica. et Piscatoria*, 27, 41-51
- Fontagné, S., Geurden, I., Escaffre, A. M., Bergot, P., 1998. Histological changes induced by dietary phospholipids in intestine and liver of common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture* 161, 213-223.
- Geurden, I., Marion, D., Charlon, N., Coutteau, P., Bergot, P., 1998. Comparison of different soybean phospholipidic fractions as dietary supplements for common carp, (*Cyprinus carpio*), larvae. *Aquaculture* 161, 225-235.
- Glencross, B., Hawkins, W., Veitch, C., Dods, K., McCafferty, P., Hauler, R., 2007. The influence of dehulling efficiency on the digestible value of lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel meal when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 13 (6), 462-470.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Métailler, 2001. *Nutrition and Frediny of Fish and Crustaceans*. Chichester: Praxi Publishing, pp. 408.

- Halver, J. E., Hardy, R. W., 2002. Fish nutrition. Third Edition, Academic Press, Elsevier Science, 824 s.
- Hardy, R. W., Barrows, F. T., 2000. Diet Formulation and Manufacturing In: Halver, J. E., Hardy, R. W. Fish Nutrition. Academic Press Inc, New York, N.Y, pp. 506–600.
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E., 1998. Hydrobiologie. Informatorium, Praha, 335 s.
- Hasan, M. R., Macintosh, D. J., Jaunceyn, K., 1997. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L) fry. *Aquaculture*, 151 (1-4): 55-70.
- Heinitz, M. C., Lemme, A., Schulz, C., 2016. Measurement of digestibility in agastric fish based on stripping method—apparent nutrient, energy and amino acid digestibilities of common feed ingredients for carp diets (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture nutrition*, 22(5), 1065-1078.
- Hossain, M. A., Jauncey, K., 1989. Nutritional evaluation of some Bangladeshi oilseed meals as partial substitutes for fish meal in the diet of common carp, (*Cyprinus carpio*) L. *Aquaculture Research*, 20(3), 255-268.
- Hossain, M. M., 1995. Studies on the monogenean gill parasites of three *Puntius* species of Mymensingh. M.S. thesis in Aquaculture, BAU, Mymensingh. pp. 66-70.
- Hua, K., Bureau, D. P., 2010. Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture: with particular reference to salmonid aquaculture operations. *Aquaculture Research*. 41, 777–792
- Cho, C. Y., Bureau, D. P., 1997. Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feeding. *The Progressive Fish-Culture*, 59, 155–160.
- Cho, C. Y., Kaushik, S. J., 1990. World review of nutrition and dietetics, 61, 132–172.
- Cho, C. Y., Slinger, S. J., 1979. Apparent digestibility measurements in feedstuffs for rainbow trout. In: J.E. Halver and K. Tiews, *Proceedings of the World Symposium of Finfish Nutrition and Fishfeed Technology*. Berlin, Germany. pp. 239–247.
- Cho, C. Y., Slinger, S. J., Bayley, H. S., 1982. Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73B: 25–41.

- Choubert, G., De La Noüe, J., Luquet, P., 1979. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *The Progressive Fish-Culturist*, 41, 64–67.
- Choubert, G., Fauconneau, B., and Luquet, P., 1982. *Reproduction Nutrition Development*, 22, 941–949.
- Chu, K. S., Han, I. K., Won, T. H. and Park, B. C., 1991. Studies on the nutrient availabilities of feed ingredients in Israeli carp (*Cyprinus carpio*). *Asian-Australas. Journal of Animal Sciences*, 4, 263-274.
- Jauncey, K., 1982. Carp (*Cyprinus carpio* L.) nutrition – a review. In: Muir, J. F. and Roberts, R. J. *Recent Advances in Aquaculture*. Croom Helm, London, 216-263.
- Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L., 2005. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby*. MZLU v Brně, 70 s.
- Jobling, M., 1995. *Environmental Biology of Fishes, Fish and Fisheries*, 16, 211-249.
- Kadlecová, J., 2011. *Identifikace odrůd pšenice obecné prolaminovými bílkovinami obilky*. Diplomová práce. Agronomická fakulta. Mendelova univerzita v Brně. 67 s.
- Kaushik S. J., 1980. In “*Aquaculture in Heated Effluents and Recirculated Systems*” Heenemann GmbH, Berlin. Vol. I, 77–89.
- Kaushik, S. J., 1980. *Reproduction Nutrition Development*, 20, 1751-1765.
- Kaushik, S. J., 1995. Nutrient requirements, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture* 129, 225-241.
- Kaushik, S. J., Doudet, T., Medale, F., Aguirre, P., Blanc, D., 1995. Protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Ichthyology*, 11, 290–296.
- Keshavanath, P., Gangadhar, B., Ramesh, T. J., van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M., Verdegem, M. C. J., 2002. The effects of periphyton and feeding on the production of the indigenous carps *Tor khudree* and *Labeo fimbriatus* in tanks with different bamboo substrate densities, *Aquaculture*, 213 (1-4), 207-218
- Chamberlain, G., Rosenthal, H., 1995. *Aquaculture in the next century: opportunities for growth – challenges of sustainability*. *World Aquaculture*. 26 (1). 21-25.

- Kim, J. D., Kim, K. S., Song, J. S., Lee, J. Y., Jeong, K. S., 1998. Optimum level of dietary monocalcium phosphate based on growth and phosphorus excretion of mirror carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 161, 337–344.
- Kronvang, B., Vagstad, N., Behrendt, H., Bøgestrand, J., & Larsen, S. E., 2007. Phosphorus losses at the catchment scale within Europe: an overview. *Soil Use and Management*, 23, 104–116.
- Kumar, V., Makkar, H. P. S., Becker, K., 2011. Detoxified (*Jatropha curcas*) kernel meal as a dietary protein source: Growth performance, nutrient utilization and digestive enzymes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 17 (3), 313–326.
- Leeson, S., Summers, J. D., 2001. *Nutrition of the chicken.*, University book, Guelph, pp. 591.
- Maillard V. M., Boardman G. D., Nyland J. E., Kuhn D. D., 2005. Water quality and sludge characterization at raceway-system trout farms. *Aquaculture Engineering*, 33, 271–284.
- Mareš J., Novotný L., Palíková, M., 2015. *Akvakultura – základy výživy a krmení ryb*. Mendelova univerzita v Brně, 108 s.
- Maynard, L. A.; Loosli, J. K., 1969. *Animal Nutrition*, 6th edition. McGraw Hill Book Company, London, pp 613.
- Medale, F., Aguirre, P., Kaushik, S. J., 1991. In “Energy Metabolism of Farm Animals”, Institut für Nutztierwissenschaften, Gruppe Ernährung, Zurich, Switzerland. EAAP Publication No. 58. pp. 392–395.
- Mesquita, N., Cunha, C., Carvalho, G. R. & Coelho, M. M., 2007. Comparative phylogeography of endemic cyprinids in the south-west Iberian Peninsula: evidence for a new ichthyogeographic area. *Journal of Fish Biology*, 71, 45–75.
- Moyle, P. B., Cech, J. J., 2004. *Fishes, an introduction to ichthyology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. pp. 726.
- Mráz, J., 2012. *Stravitelnost krmiv pro ryby (přehled)*. Bulletin VÚRH Vodňany, Brno: Mendelova univerzita. 108 s.
- Murai, T., Akiyama, T., Nose, T., 1983. Effects of glucose chain length of various carbohydrates and frequency of feeding on their utilization by fingerling carp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 49, 1607–1611.

- National Research Council. 1993. Nutrient Requirements of Fish. Washington, DC: The National Academies Press.
- Ngoc TN, Pucher J, Becker K, Focken U., 2016. Earthworm powder as an alternative protein source in diets for common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture research* 47, 2917-2927.
- Nose, T., 1960. On the digestion of food protein by gold-fish (*Carassius auratus*) L. and rainbow trout (*Salmo irideus*) G. *Bulletion of Freshwater Fish Research Laboratory*, 10, 11–22.
- Nose, T., 1979. Summary report on the requirements of essential amino acids for carp. In: Halver, J., Tiews, K., *Proceedings of the World Symposium on Fin-fish Nutrition and Fishfeed Technology*. Hamburg, Germany, pp. 145–156.
- Novák, P., 2010. Bílkoviny a aminokyseliny ve výživě ryb. In: *Akvarista.cz* [online]. 10.10.2010[vid. 18.4.2016]. ISSN 1801-0504. Dostupné z: <http://www.akvarista.cz/web/clanky/clanek-333>.
- Nwanna, L. C., Schwarz, F. J., 2007. Effect of supplemental phytase on growth, phosphorus digestibility and bone mineralization of common carp (*Cyprinus carpio* L). *Aquaculture Research*, 38(10), 1037-1044.
- Nyachoti, C. M., de Lange, C. F. M., McBride, B. W., Schulze, H., 1997. Significance of endogenous gut nitrogen losses in the nutrition of growing pigs: A review. *Canad. J. Animal Science*, 77, 149–163.
- Oberle, M., Schwarz, F. J., & Kirchgessner, M., 1997. Growth and carcass quality of carp (*Cyprinus carpio*) fed different cereals, lupin seed or zooplankton. *Archiv für Tierernährung*, 50(1), 75-86.
- Oberle, M., Schwarz, F.J., Kirchgessner, M., 2005. Wachstum und Schlachtkörperqualität von Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) bei verfütterung von verschiedenen getreidearten. Lupinen oder zooplankton. *Archives of Animal Nutrition*, 50, 75-86 s.
- Ogino, C., 1980. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids. *Nippon Suisan Gakkaishi* 46, 172-175.
- Ogino, C., Chen, M. S., 1973. Protein nutrition in fish – V. Relation between biological value of dietary proteins and their utilization in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 39, 966-959.

- Ogino, T., Kakino, J., Chen, M. S., 1973. Protein nutrition in fish. *Bulletion of the Japanese Society for Science of Fish*, 39, 519–525.
- Olah, J., Szabo, P., Esteky, A. A., Nezami, S. A., 1994. Nitrogen processing and retention in Hungarian carp farm. *Journal of Applied Ichthyology*, 10 (4), 335–340.
- Pechar, L., 2000. Impact of long-term changes in fishery management on the trophic level water quality in Czech fish ponds. *Fisheries Management and Ecology* 7, 23–31.
- Pfeffer, L. M., Strulovici, B., Saltiel, A. R., 1990. Interferon-alpha selectively activates the beta isoform of protein kinase C through phosphatidylcholine hydrolysis. *Vol. 87*, 6537-6541.
- Pongmaneerat J, Watanabe T., 1993. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59, 157-163.
- Pongmaneerat, J., 1991. Nutritive value of protein of feed ingredients for carp (*Cyprinus carpio*). *日本水産学会誌*, 57(3), 503-510.
- Prugar, J., Burešová, I., Nedělník, J., Bradová, J., Pelikán, M., Psota, V., Bárta, J., 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a. s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČZV, Praha, 327 s.
- Przybyl, A., Mazurkiewicz, J., 2004. Nutritive value of cereals in feeds for common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Czech Journal of Animal Science-UZPI*, Czech Republic.
- Rodrigo A.P.L.F. Carvalho, Daniel E.L. Lemos, Albert G.J. Tacon, 2013. Performance of single-drain and dual-drain tanks in terms of water velocity profile and solids flushing for in vivo digestibility studies in juvenile shrimp. *Aquacultural Engineering* 57, 9-17.
- Rosendorf, P., Vyskoč, P., Prchalova, H., & Fiala, D., 2016. Estimated contribution of selected non-point pollution sources to the phosphorus and nitrogen loads in water bodies of the Vltava River Basin. *Soil and Water Research*, 11(3), 196-204.
- Roy, K., Vrba, J., Kaushik, S. J., & Mraz, J., 2019a. Feed based Common carp farming and eutrophication: Is there a case for concern? *Reviews in Aquaculture* (Manuscript ID: RAQ-04-19-0051; *under review*)
- Roy, K., Prečanica, M., Dvorak, P., Vrba, J., Kaushik, S. J. & Mraz, J., 2019b. Is there a eutrophication concern in supplementary feed based common carp farming? *In:*

Aquaculture in Central and Eastern Europe, Aquaculture Europe 2019 (Berlin, Germany - October 7 - 10, 2019). (*Accepted abstract ID # 398*)

- Schäperclaus, W., 1961. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Berlin – Hamburg, pp. 582.
- Schwarz, F. J., Kirchgessner, M., 1988. Amino acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) with varying protein and energy supplies. *Aquaculture* 72, 307-317.
- Smith, R., 1989. Nutritional energetics. In: Halver, J.E., *Fish Nutrition*. Academic Press, London, pp. 1–29.
- Spurný, P., 1996. Estimation of digestibility of nutrients in feed mixtures for carp (*Cyprinus carpio* L.) fry when using chromium oxide as an indicator. *Acta Ichthyologica of Piscatoria*, 16, 83–91.
- Stankovic, M., Dulic, Z., Lakic, N., Zivic, I., Raskovic, B., Poleksic, V., Markovic, Z., 2015. Protein level and efficiency of feed mixture for common carp (*Cyprinus carpio*).
- Steffens, W., 1985. *Grundlage der Fischernahrung*, VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1985, 1. Auflage, Lizenznummer, pp. 226.
- Sugiura, S. H., Marchant, D. D., Kelsey, K., Wiggins, T., Ferraris, R. P., 2006. Effluent profile of commercially used low-phosphorus fish feeds. *Environmental Pollution*, 140, 95–101.
- Svobodová, Z., 2008. *Otravy ryb*. Praha: Profi Press, s. r. o, 205-207 s.
- Swinkels, J. J. M., 1985. Sources of starch, its chemistry and physics. In G. M. A. VanBeynum & J. A. Roels, *Starch conversion technology*, pp. 15-45.
- Špaldon, E., Bechyně, M., Fábry A., Fuciman, L., Holovlaský, J., Kováčik A., Petr, J., Petrová, A., Skládal, V., Šinom, J., 1963. *Rostlinná výroba*. 1. Státní zemědělské nakladatelství v Praze ve spolupráci s Ústavem vědeckotechnických informací MZLVH, 676 s.
- Tacon, A. G. J., Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285, 146-158.
- Takeuchi, T., Satoh, S., Kiron, V., 2002. Common Carp, (*Cyprinus carpio*). In: Webster, C. D., Lim, C. *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*, CABI, Oxon and New York, 245-261.

- Takeuchi, T., Watanabe, K., Satoh, S., Watanabe, T., 1992. Requirement of grass carp fingerlings for tocopherol. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 1734-1749.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C., 1979. Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. *Nippon Suisan Gakkaishi* 45, 977-982.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C., 1979. Digestibility of hydrogenated fish oils in carp and rainbow trout. *Bulletion of the Japanese Society for the Science of Fish*, 45, 1521-1525.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Satoh, S., Martino, R. C., Ida, T., Yaguchi, M., 1989. Suitable levels of protein and digestible energy in practical carp diets. *Bulletion of the Japanese Society for the Science of Fish*, 55, 521–527.
- Vejsada, P., Šrámek, J., 2012. *Výživa ryb. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. České Budějovice, s. 75-75.*
- Všetičková, L., Adámek, Z., Rozkošný, M., Sedláček, P., 2012. Effects of semi- intensive carp pond farming on discharged water quality. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* (3) 42, 223–231.
- Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 73, 3-15.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Satoh, S., and Kiron, V., 1996. *Fisheries Science*, 62, 278–292.
- Windell, J. T., Foltz, J. W., Sarokon, J. A., 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *The Progressive Fish-Culturist*, 40, 51–55.
- Yamamoto, T., Akimoto, A., Kishi, S., Unuma, T., Akiyama, T., 1998. Apparent and true availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling rainbow trout, common carp, and red sea bream. *Fisheries science*, 64(3), 448-458.
- Yamamoto, T., Shima, T., Furuita, H., Suzuki, N., Shiraishi, M., 2001. Nutrient digestibility values of a test diet determined by manual feeding and self-feeding in rainbow trout and common carp. *Fisheries science*, 67(2), 355-357.
- Zeitler, M. H., Kirchgessner, M., Schwarz, F. J., 1983. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture* 36, 37-48.
- Zeman, L. a kol., 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press, s.r.o., Praha, 360 s.*

Zs. Sándor, J., Révész, N., Percze, V., Bogevis, A., Kumar, Sh., 2016. Utilization of an agricultural by product (corn DDGS) in common carp aquafeeds. Aquaculture Europe, Edinburgh, Scotland.

Živić, I., Trbović, D., Živić, M., Bjelanović, K., Stanković, M., Vukojević, D., Marković, Z., 2011. Chironomus Plumosus (Diptera, Insecta) larvae as a source of essential fatty acids in feed of carp fry. u: International Conference Aquaculture & Fishery (V), June 1-3., Conference roceedings, Belgrade-Zemun, Serbia: Faculty of Agriculture-Institute of Animal Science, 497-503.

8 Seznam tabulek, obrázků a příloh

- Tabulka č. 1: Stravitelnost bílkovin z různého krmiva (%), s 15.
- Tabulka č. 2: Přehled makro-nutričních nároků kapra obecného (NRC, 1993), s 17.
- Tabulka č. 3: Nutriční nároky kapra obecného na obsah jednotlivých aminokyselin a obsah esenciálních aminokyselin v rybí moučce (Takeuchi a kol., 2002a), s 19.
- Tabulka č. 4: Přehled nejčastěji testovaných krmiv a jejich bilanční stravitelnost pro kapra, s 30.
- Tabulka č. 5: Obsah tuků, sacharidů a jejich bilanční stravitelnost u běžných krmiv pro kapra (Roy a kol., 2019a), s 32.
- Tabulka č. 6: Obsah a bilanční stravitelnost dusíku a fosforu u běžných krmiv pro kapra (Roy a kol., 2019a), s 32.
- Tabulka č. 7: Známé hodnoty obsahu jednotlivých látek a jejich stravitelnosti u pšenice, s 34.
- Tabulka č. 8: Známé hodnoty obsahu jednotlivých látek a jejich stravitelnost u kukuřičného lepku, s 34.
- Tabulka č. 9: Živinové složení těla Dafnie (*Daphnia magna*) v % (Bogut a kol., 2007), s 35.
- Tabulka č. 10: Živinové složení těla larvy pakomára uvedeny v % živé hmotnost a sušíně (Bogut a kol., 2007), s 35.

- Tabulka č. 11: Složení a bilanční koeficient stravitelnosti (%) experimentálních krmiv, s 44.
- Tabulka č. 12: Složení a bilanční koeficient stravitelnosti (%) testovaných ingrediencí, s 45
- Tabulka č. 13: Obsah dusíku a fosforu z metabolismu a výkalů ryb z krmiva (Roy a kol., 2019b), s 54.
- Tabulka č. 14: Poměr krmiv dle krmných koeficientů pro přirozenou potravu k obilovinám., s 55.
-
- Graf č. 1: Obsah stravitelné energie kcal·g⁻¹ v sušině, s 46.
- Graf č. 2: Stravitelné živiny a energie ingrediencí (živiny: g/100 g sušiny; energie: % kcal hrubé energie/ g), s 47.
- Graf č. 3: Nestravitelný (odpadní) obsah dusíku (%), s 48.
- Graf č. 4: Nestravitelný (odpadní) obsah fosforu (%), s 49.
- Obrázek č. 1: Schéma trávicího traktu kapra obecného (vlastní zpracování), s 13.
- Obrázek č. 2: Metody kontinuálního sběru výkalů. Zleva TUF kolona, modifikovaný St. Péé systém a dvě modifikace Guelph systému (Cho a kol., 1982; Choubert a kol., 1982), s 25.
- Obrázek č. 3: Schéma odchovného systému s popisem základních částí, s 37.
- Obrázek č. 4: Schéma odchovné nádrže a sedimentační trubky (a – primární odtok, b – sekundární odtok, c – krycí deska, g – potrubí stojanu, f – vývod pro odběr vzorků a odstraňování pevných látek), (vlastní zdroj), s 38.
- Obrázek č. 5: Vlevo na váze přesné odměření suché ingredience, která tvořila základní směs krmení. Vpravo použitý indikátor oxid yttritý, s 39.
- Obrázek č. 6: Vlevo namíchaná suchá směs s přidaným indikátorem. Vpravo extrudér, který za studena zpracovává již navlhčenou směs a vytlačuje dlouhé pelety, které se nechají sušit a poté se nadrtí na požadovanou velikost 3-5mm, s 40.
- Obrázek č. 7: Vlevo vzorky výkalů před zpracováním v centrifuze. Vpravo centrifugační koncentrátor nastavený na hodnoty, s 41.
- Obrázek č. 8: Vzorky výkalů po provedení centrifugy a odlití přebytečné tekutiny, s 41.

Obrázek č. 9: Vlevo detailní pohled na uspořádání vzorků v lyofilizátoru. Vpravo celkový pohled na přístroj, s 42.

Příloha č. 1: Přehled studií stravitelnosti různých složek krmiva/ přísad u kapra obecného.

Skupina krmiv	Název krmiva	Zdroje
Krmení pro sportovní rybolov	Boilies, partikl, methodmix	Arlinghaus a Niesar (2005), Mehner a kol., (2018)
Poločistá bílkovina	Albumin, albumin hydrolyzát	Carvalho a kol., (1997)
	Kasein, Kasein hydrolyzát	Appleform a Anderson (1997), Ogino a kol., (1979), Takeuchi a kol., (1979, 1979a), Jauncey (1982), Watanabe (1988), Carvalho a kol., (1997), Fontagne a kol., (2000), Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Geurden a kol., (2008)
	Želatina	Chu a kol., (1991), Ramasubburayan a kol., (2013), Schwarz a kol., (1998), Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Geurden a kol., (2008), Ramasubburayan a kol., (2013), Nwanna a kol., (2012)
Aminokyseliny	Směs aminokyselin	Yamamoto a kol., (1996)
	Arginin	Geurden a kol., (2008)
	Lysin, Lysin monohydrochlorid, L-lysin	Nose (1979), Ogino (1980), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Zhou a kol., (2008), Kumar a kol., (2011)
	Methionin, DL-methionin	Nose (1979), Ogino (1980), Schwarz a kol., (1998), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Geurden a kol., (2008), Nwanna a kol., (2012)
Speciální přísady	Vitamín C	Davies a Gouveia (2010)
	Cholin chlorid	Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Nwanna a kol., (2007), Mazurkiewicz (2008), Zhou a kol., (2008)
	Chlorid sodný (kuchyňská sůl)	Nwanna a kol., (2007)
	Vitamín E	Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Watanabe a kol., (1996)
Obiloviny	Ječmen	Przybyl a Mazurkiewicz (2004)
	Kukuřice, kukuřičný šrot, škrob atd.	Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991), Watanabe a kol., (1996), Appleform a Anderson (1997), Hasan a kol., (1997), Oberle a kol., (1997), Kim a kol., (1998a), Yamamoto a kol., (1998), Keshavanath a kol., (2002), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Stankovic a kol.,

		(2014), Heinitz a kol., (2016), Sandor a kol., (2016), Yamamoto a kol., (2007), Davies a Gouveia (2010), Mehner a kol., (2018)
	Žito, žitné otruby	Oberle a kol., (1997), Degani (2006), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Mazurkiewicz (2008), Mraz a Pickova (2009)
	Rýže	Ogino a kol., (1979), Nandeesh a kol., (1995), Watanabe a kol., (1996), Sharma a Chakrabarti (1999), Keshavanath a kol., (2002), Nandeesh a kol., (2002), Yamamoto a kol., (2007), Zhou a kol., (2008), Ramasubburayan a kol., (2013)
	Čirok	Degani (2006)
	Tritikále	Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Mazurkiewicz (2008), Mraz a Pickova (2009), Hlavac a kol., (2016)
	Pšenice, pšeničná mouka, otruby, škrob, lepek, šrot, moučka atd.	Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991), Watanabe a kol., (1996), Appleform a Anderson (1997), Degani a kol., (1997), Oberle a kol., (1997), Kim a kol., (1998), Schwarz a kol., (1998), Sharma a Chakrabarti (1999), Siddhuraju a Becker (2001), Yamamoto a kol., (2001), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Degani (2006), Yamamoto a kol., (2007), Mazurkiewicz (2008), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Kumar a kol., (2011), Nwanna a kol., (2012), Stankovic a kol., (2014), Hlavac a kol., (2015), Heinitz a kol., (2016), Ngoc a kol., (2016)
Živočišné tuky	Hovězí lůj	Takeuchi a kol., (1979a), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (2007)
Živočišné bílkoviny	Krevní moučka	Chu a kol., (1991), Przybyl Mazurkiewicz (2004), Mazurkiewicz (2008)
	Kostní moučka	Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993)
	Žížalí moučka	Nandeesh a kol., (1998), Ngoc a kol., (2016)
	Vaječný žloutek, vaječný albumin	Ogino a kol., (1979), Degani a kol., (1997), Degani (2006)
	Hydrolyzovaná moučka z peří	Chu a kol., (1991)
	Masová moučka, masový hydrolyzát	Pongmaneerat a Watanabe (1991), Pongmaneerat a kol., (1993), Pongmaneerat a Watanabe (1993), Watanabe a kol., (1996), Carvalho a kol., (1997)
	Drůbeží moučka	Degani a kol., (1997)
	Bourec morušový (moučka z kukel)	Watanabe a kol., (1996)

Speciální minerály	Vápník, Laktát,	Sharma a Chakrabarti (1999), Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Przybyl and Mazurkiewicz (2004), Yamamoto a kol., (2007), Mazurkiewicz (2008), Stankovic a kol., (2014)
	Anorganický fosfor	Ogino a kol., (1979), Yamamoto a kol., (1996), Kim a kol., (1998, 1998a), Yamamoto a kol., (1998, 2001a, 2003), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Yamamoto a kol., (2007), Zhou a kol., (2008), Hua a Bureau (2010), Stankovic a kol., (2014)
Poločistá vlákna	Celulóza, Alfa a beta celulóza, Carboxymethylová celulóza	Ogino a kol., (1979), Takeuchi a kol., (1979, 1979a), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (1996), Appleform a Anderson (1997), Appleform a Anderson (1997), Hasan a kol., (1997), Yamamoto a kol., (1998, 2001a, 2003, 2007), Geurden a kol., (2008), Davies a Gouveia (2010), Kumar a kol., (2011)
Rostlinný tuk	Kokosový olej	Fontagne a kol., (2000)
	Kukuřičný olej	Hasan a kol., (1997)
	Lněný olej	Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007)
	Řepkový olej	Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Mazurkiewicz (2008)
	Sojový olej	Ogino a kol., (1979), Takeuchi a kol., (1979, 1979a), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Watanabe a kol., (1996), Schwarz et al. (1998), Kim a kol., (1998), Siddhuraju a Becker (2001), Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Degani (2006), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Yamamoto a kol., (2007), Geurden a kol., (2008), Zhou a kol., (2008)
Slunečnicový olej	Kumar a kol., (2011), Ngoc a kol., (2016)	
Rostliny	Colocasia	Nandeesh a kol., (1995), Nandeesh a kol., (2002)
	Leucena leucophela	Hasan a kol., (1997)
Olejiny	Kokosové jádro	Hasan a kol., (1997)
	Podzemnice olejná	Nandeesh a kol., (1995), Hasan a kol., (1997), Keshavanath a kol., (2002), Nandeesh a kol., (2002), Ramasubburayan a kol., (2013)
	Dávivec, izolát dávivce	Makkar a kol., (2009), Kumar a kol., (2011)
	Lněné semínko	Hossain a Jauncey (1989), Hasan a kol., (1997)
	Hořčičný olej	Hossain a Jauncey (1989), Hasan a kol., (1997), Rahman a Meyer (2009)
Řepková moučka, řepka extrahovaná a lisovaná	Dbrowski a Kozowska (1981), Mejza a Mejza (1986), Chu a kol., (1991), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Mazurkiewicz (2008)	

	Sezam, sezamový olej	Hossain a Jauncey (1989), Hasan a kol., (1997)
	Sojová moučka, soja extrahovaná a lisovaná, sojová bílkovina, sojový hydroizolát	Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1993), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (1996), Carvalho a kol., (1997), Degani a kol., (1997), Kim a kol., (1998a), Schwarz a kol., (1998), Yamamoto a kol., (1998), Degani a kol., (1999), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Nwanna a Schwarz (2007), Geurden a kol., (2008), Nwanna a kol., (2007), Davies a Gouveia (2010), Nwanna a kol., (2012), Ramasubburayan a kol., (2013), Stankovic a kol., (2014), Heinitz a kol., (2016)
Poločistě sacharidy	Dextrin	Ogino a kol., (1979), Takeuchi a kol., (1979, 1979a), Yamamoto a kol., (1998), Fontagne a kol., (2000), Yamamoto a kol., (2001a), Furuichi a Yone (1982), Murai a kol., (1983), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Carvalho a kol., (1997), Appleform a Anderson (1997), Hasan a kol., (1997), Fontagne a kol., (2000), Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Geurden a kol., (2008)
	Glukóza	Furuichi a Yone (1982), Murai a kol., (1983), Geurden a kol., (2008)
	Maltóza	Furuichi a Yone (1982), Murai a kol., (1983)
	Škrob	Ogino a kol., (1979), Takeuchi a kol., (1979, 1979a), Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Yamamoto a kol., (1996, 1998, 2001, 2001a, 2003, 2007), Geurden a kol., (2008), Zhou a kol., (2008)
Rybí deriváty	Rybí moučky	Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991), Pongmaneerat a Watanabe (1991), Nandeesh a kol., (1995), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (1996), Carvalho a kol., (1997), Degani a kol., (1997), Hasan a kol., (1997), Kim a kol., (1998, 1998a), Yamamoto a kol., (1998), Sharma a Chakrabarti (1999), Fontagne a kol., (2000), Siddhuraju a Becker (2001), Yamamoto a kol., (2001), Keshavanath a kol., (2002), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Nandeesh a kol., (2002), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Yamamoto a kol., (2007), Mazurkiewicz (2008), Zhou a kol., (2008), Davies a Gouveia (2010), Kumar a kol., (2011), Nwanna a kol., (2012), Ramasubburayan a kol., (2013), Stankovic a kol., (2014), Heinitz a kol., (2016), Ngoc a kol., (2016), Sandor a kol., (2016),

	Rybí oleje	Ogino a kol., (1979), Takeuchi a kol., (1979, 1979a), Pongmaneerat a Watanabe (1991, 1993), Watanabe a kol., (1996), Yamamoto a kol., (1996), Appleform a Anderson (1997), Hasan a kol., (1997), Schwarz a kol., (1998), Kim a kol., (1998, 1998a), Yamamoto a kol., 1998, 2001, 2001a, 2003, 2007), Zhou a kol., (2008), Davies a Gouveia (2010), Ramasubburayan a kol., (2013), Heinitz a kol., (2016)
	Rybí siláž	Ramasubburayan a kol., (2013)
Luštěniny	Fazole	Mazurkiewicz (2008)
	Lupiny	Oberle a kol., (1997), Viola a kol., (1988), Mazurkiewicz (2008)
	Mucuna	Siddhuraju a Becker (2001)
	Hrách	Kim a kol., (1998a), Schwarz a kol., (1998), Mazurkiewicz (2008), Davies a Gouveia (2010), Nwanna a kol., (2012), Heinitz a kol., (2016)
Přírodní pojivo	Guar	Degani a kol., (1997), Degani (2006)
	Moučka z mořských řas, alginát sodný	Yamamoto a kol., (2001a, 2003), Geurden a kol., (2008), Ramasubburayan a kol., (2013)
Pivovarský odpad	Sladová moučka	Yamamoto a kol., (1996, 1998)
Přírodní emulgátor	Fosfatidycholin	Carvalho a kol., (1997)
	Sojový lecitín	Fontagne a kol., (2000), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Geurden a kol., (2008), Mazurkiewicz (2008)
Enzymy	Fytáza, phytin	Ogino a kol., (1979), Nwanna a Schwarz (2007), Nwanna a kol., (2007), Kumar a kol., (2011)
Rostlinné bílkoviny	Rostlinná bílkovina	Viola a Arieli (1983), Stankovic a kol., (2014)
Poločisté tuky	Trolein, tricaprin	Fontagne a kol., (2000),
Mikrobiální bílkoviny	Kvasnice	Ogino a kol., (1979), Chu a kol., (1991), Carvalho a kol., (1997), Sharma a Chakrabarti (1999), Przybyl a Mazurkiewicz (2004), Stankovic a kol., (2014), Mazurkiewicz (2008)
Přírodní krmivo	Zooplankton, zoobentos, plankton	Oberle a kol., (1997), Cahu a kol., (1998), Sharma a Chakrabarti (1999), Chumchal a Drenner (2004), Rahman a kol., (2008), Rahman a Meyer (2009), Rahman (2016)

9 Abstrakt

Tato bakalářská práce testuje a vyhodnocuje složení a bilanční stravitelnost různých druhů krmiv i různých ingrediencí použitelné pro krmení kapra obecného. V práci se dále posuzuje vhodnost jednotlivých ingrediencí na základě stravitelnosti samostatných živin. Z výsledků vyplývá, že správnou kombinací krmiv dojde ke zlepšení efektivity v chovu kapra obecného, sníží se spotřeba krmiva, zvýší se přírůstek. V neposlední řadě by mělo dojít ke snížení negativního dopadu přikrmování na kvalitu vodního prostředí. Bakalářská práce sumarizovala doposud známé hodnoty stravitelnosti u jednotlivých krmných ingrediencí pro kapra. Následně se zabývala vlastním experimentem, který byl časově velmi náročný. Podařilo se potvrdit některé již známé hodnoty, ale také zjistit úplně nové informace o hodnotách obsahu jednotlivých komponent v krmivech a jejich následné využitelnosti. Výsledky pro pšenici a kukuřici byly porovnány s naměřenými hodnotami jiných autorů. Triticále, dafnie a larvy pakomára byly pro experiment použity prvně, tudíž hodnoty nebylo možné porovnat, ale podařilo se analyzovat základní informace, které dobře poslouží pro další výzkum v této oblasti.

Průměrný obsah jednotlivých parametrů u obilovin byl: 16 % obsahu bílkovin a stravitelnost 64 %, obsah tuků 2 % a stravitelnost 70 %, obsah BNLV 74 % a stravitelnost 74 %. Obsah vlákniny 5 % a popelovin 2 % s velmi nízkou stravitelností. Obsah fosforu 0,6 % a stravitelností 30 %.

Průměrný obsah jednotlivých parametrů u přirozené potravy byl: obsah bílkovin 55 % a stravitelnost 86 %, obsah tuků 5 % a stravitelnost 74 %, BNLV 20 % a stravitelnost 41 %, obsah vlákniny 7 % a stravitelnost 8 %, obsah popelovin 14 % a stravitelnost 30 %, obsah fosforu 1,2 % a stravitelnost 74 %.

Výsledným prvkem bylo stanovení nejvhodnějšího krmení pro rybníční akvakulturu. Dle dostupných výsledků se jedná o pšenici v kombinaci s přirozenou potravou. Pšenice je velmi energeticky bohatá, ovšem má nízký podíl bílkovin. Naopak přirozená potrava je bohatá na dobře využitelné bílkoviny. Optimální poměr přirozené potravy a pšenice byl 0,25:2. V tomto poměru dokážeme ideálně splnit nutriční požadavek kapra obecného (31 % stravitelných bílkovin, 0,6-0,7 % fosforu, ~3200 kcal·kg⁻¹ stravitelné energie). Vhodným využitím krmiva jsme schopni snížit negativní vliv na kvalitu vody, a to je do budoucna jeden z hlavních cílů.

Klíčová slova: bilanční stravitelnost, ingredience, kapr obecný, krmivo, přirozená potrava, pšenice.

10 Abstract

This bachelor thesis evaluates the composition and apparent digestibility of various types of fish feed and various ingredients applicable to the feeding of common carp. This bachelor thesis also evaluates the suitability of individual components based on the digestibility of individual nutrients. The results show that the right combination of fish feed improves efficiency, reduces feed consumption and increases growth. Last but not least, the negative impact of feeding on the quality of the aquatic environment should be reduced. This bachelor thesis summarizes existing digestibility values of individual feed ingredients for common carp and then its own experiment, which was very time-consuming. Some already known values have been confirmed and some new information about the content of individual components of feed and their subsequent use has been found. The results for wheat and maize were compared with results of other authors. Triticale, daphnia and chironomidae larvae were used for the first time, so the values could not be compared, nevertheless it could be used as a basic information for further research in this area.

The average content of individual cereal parameters were: 16% protein content and 64% digestibility, 2% fat content and 70% digestibility, 74% BNLV content and 74% digestibility. Fiber content 5% and ash content 2% with very low digestibility. Phosphorus content 0.6% and digestibility 30%.

Average content of individual parameters for natural foods was: protein content 55% and digestibility 86%, fat content 5% and digestibility 74%, BNLV 20% and digestibility 41 %, fiber content 7% and digestibility 8%, ash content 14% and digestibility 30%, phosphorus content 1.2% and 74% digestibility.

The resulting element was to determine the most suitable feed for pond aquaculture. According to the available results, wheat combined with natural food is the best option. Wheat is very energy rich, but has a low protein content. Conversely, natural food is energy rich in easily usable protein. The optimal ratio of natural food to wheat was 0.25:2. With this ratio we can meet the ideal nutritional requirements of common carp (31% digestible protein, 0.6-0.7 % phosphorus, 3200 kcal·kg⁻¹ digestible energy). With the right feed, we are able to reduce the negative impact on water quality and this is one of the main goals for the future.

Key words: apparent digestibility, components, common carp, feed, natural food, wheat.