

**Mendelova univerzita v Brně  
Agronomická fakulta**

## **Akvakultura – základy výživy a krmení ryb**

**Prof. Dr. Ing Jan Mareš,  
Doc. Ing. MVDr. Ladislav Novotný, Ph.D.  
Doc. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D.**

**Mendelova univerzita v Brně  
Agronomická fakulta**

## **Akvakultura – základy výživy a krmení ryb**

**Prof. Dr. Ing Jan Mareš,  
Doc. Ing. MVDr. Ladislav Novotný, Ph.D.  
Doc. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D.**

**Brno 2015**



**evropský  
sociální  
fond v ČR**



**EVROPSKÁ UNIE**



**MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY**



**OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost**



**INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ**



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



***Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.***

***Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU směřující k vytvoření mezioborové integrace.***

Pokud není v textu označeno jinak, je autorem fotografií Jan Mareš a autorkou obrázků Martina Marešová.

© Prof. Dr. Ing Jan Mareš, Doc. Ing. MVDr. Ladislav Novotný, Ph.D. Doc. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D.

ISBN 978-80-7509-336-3

## Obsah

A. VÝŽIVA A KRMENÍ.....	7
1. ZÁKLADY FYZIOLOGIE VÝŽIVY RYB.....	8
2. SLOŽENÍ KRMIV .....	12
2.1. PROTEINY (DUSÍKATÉ LÁTKY).....	13
2.2 LIPIDY .....	23
2.3 SACHARIDY .....	26
2.4 STRAVITELNOST ORGANICKÝCH ŽIVIN .....	28
2.5 ENERGIE .....	29
2.6 VITAMINY .....	34
2.7 MINERÁLNÍ LÁTKY.....	38
2.8 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY .....	41
2.9 DOPLŇKOVÉ LÁTKY.....	42
2.10 VÝROBA A ÚPRAVY KRMIV .....	44
2.11 BALENÍ A DISTRIBUCE KRMIV PRO RYBY .....	46
3. KRMIVA PRO RYBY V PODMÍNKÁCH INTENZIVNÍHO CHOVU .....	46
3.1 ŽIVÁ POTRAVA .....	49
3.2 KRMIVA A KOMPONENTY KRMNÝCH SMĚSÍ .....	50
3.2.1 Krmiva živočišného původu .....	51
3.2.2 Krmiva rostlinného původu .....	53
3.2.3 Krmiva mikrobiálního původu .....	55
4. KR MENÍ RYB .....	56
4.1 VOLBA KRMIVA.....	57
4.2 ZPŮSOB KR MENÍ .....	64
4.3 SPECIFIKA VÝŽIVY A KR MENÍ RANÝCH STÁDIÍ RYB .....	70
4.4 SPECIFIKA KR MENÍ GENERAČNÍCH RYB.....	72
4.5 SPECIFIKA ZIMNÍHO KR MENÍ LOSOSOVITÝCH RYB .....	73
4.6 VLIV KRMIVA NA NUTRIČNÍ HODNOTU SVALOVINY RYB.....	73
5. HODNOCENÍ KRMIV .....	74
5.1 CHEMICKÁ ANALÝZA .....	74
5.2 HODNOCENÍ PRODUKČNÍ ÚČINNOSTI .....	75
6. EKOLOGICKÉ ASPEKTY KR MENÍ LOSOSOVITÝCH RYB V PODMÍNKÁCH INTENZIVNÍHO CHOVU .....	77
7. VLIV INTENZIVNÍHO CHOVU RYB NA KVALITU PRODUKTU .....	78
7.1 VÝTĚŽNOST .....	79

7.2	SLOŽENÍ SVALOVINY.....	81
7.3	SPEKTRUM MASTNÝCH KYSELIN.....	83
7.4	SENZORICKÉ PARAMETRY.....	85
7.5	POLUTANTY.....	86
B.	NEMOCI RYB V INTENZIVNÍCH CHOVECH.....	87
1.	NEMOCI ALIMENTÁRNÍHO PŮVODU.....	87
1.1	HLADOVĚNÍ.....	87
1.2	DEFICIENCE A IMBALANCE HLAVNÍCH NUTRIČNÍCH KOMPONENTŮ.....	88
1.2.1	Deficience proteinů.....	88
1.3	CHOROBY SPOJENÉ S DEFICIENCÍ NEBO POŠKOZENÍM LIPIDŮ.....	89
1.3.1	Obezita.....	89
1.3.2	Tuková degenerace jater.....	89
1.4	DEFICIENCE MASTNÝCH KYSELIN (FA, FATTY ACIDS).....	90
1.4.1	Toxické působení FA.....	90
1.4.2	Ceroidní degenerace jater – lipidová autooxidace.....	90
1.5	CHOROBY SPOJENÉ S DEFICIENCÍ SACHARIDŮ.....	92
1.6	DEFICIENCE VITAMÍNŮ.....	92
1.6.1	Vitamíny rozpustné v tucích.....	92
1.6.2	Vitamíny rozpustné ve vodě.....	94
1.7	DEFICIENCE A TOXICITA MINERÁLNÍCH LÁTEK.....	96
2.	MYKOTOXIKÓZY.....	98
2.1	AFLATOXIKÓZA.....	98
3.	VÝVOJOVÉ VADY U RYB V INTENZIVNÍCH CHOVECH.....	99
4.	VLIVY PROSTŘEDÍ NA ZDRAVOTNÍ STAV RYB CHOVANÝCH V INTENZIVNÍCH PODMÍNKÁCH.....	101
5.	TOXICITA LÉČIV POUŽÍVANÝCH V AKVAKULTURÁCH.....	103
C.	SEZNAM LITERATURY.....	104

## Seznam obrázků

Obr. 1: Trávicí trakt kapra obecného a pstruha duhového .....	10
Obr. 2: Využití přijatých bílkovin v organizmu ryb.....	20
Obr. 3: Využití přijaté energie (energetická bilance).....	31
Obr. 4: Distribuce fosforu a dusíku přijatého v krmivu. ....	39
Obr. 5: Použití mraženého zooplanktonu při odchovu plůdku pstruha.....	48
Obr. 6: Závislost hodnot intenzity růstu a hodnoty krmného koeficientu v závislosti na velikosti krmné dávky. ....	57
Obr. 7: Vliv dostupnosti rozpuštěného kyslíku na hodnotu krmného koeficientu. ....	62
Obr. 8: Potřeba dostupného kyslíku při chovu pstruha duhového v závislosti na teplotě vody.....	63
Obr. 9: Zařízení na zlepšení kyslíkových poměrů a krmítka v nádržích s chovem Pd. ....	64
Obr. 10: Použití pásového samokrmítka s hodinovým strojkem (dva různé modely) .....	65
Obr. 11: Použití samokrmítka s dotykovou tyčí (foto a schéma krmítka) .....	66
Obr. 12: Použití krmítka využívajícího stlačený vzduch. ....	66
Obr. 13: a Schéma klasického krmítka na stlačený vzduch – fáze 1 .....	67
Obr. 13: b Schéma klasického krmítka na stlačený vzduch – fáze 2 .....	67
Obr. 14: Krmítko s elektromotorem. ....	67
Obr. 15: Schéma činnosti krmítka s elektromagnetem. ....	68
Obr. 16: Krmítko s rotačním diskem.....	68
Obr. 17: Schéma krmítka se šnekovým podavačem .....	68
Obr. 18: Kombinace dvou typů krmítek.....	68
Obr. 19: Schéma krmného systému.....	69
Obr. 20: Skiagram kapra z intenzivního chovu (SL 22 cm) s mírnou lordosou páteře.....	100
Obr. 21: Skiagram kapra z intenzivního chovu (SL 18 cm) s agenesí premaxily a maxily, kyfosou a lordosou páteře.....	100

## Seznam tabulek

Tab. 1.1: Obsah živin v krmných směsích pro pstruha duhového .....	12
Tab. 1.2: Obsah živin v krmných směsích pro kapra obecného.....	13
Tab. 2: Rozdělení aminokyselin, složení bílkovin těla pstruha duhového, potřeba esenciálních aminokyselin .....	15
Tab. 3: Potřeba obsahu aminokyselin a porovnání obsahu esenciálních aminokyselin v jednotlivých bílkovinných surovinách .....	16
Tab. 4: Optimální úroveň proteinu v krmných směsích (v % sušiny krmiva) pro vybrané druhy ryb v závislosti na teplotě vody a kusové hmotnosti. ....	18

Tab. 5: Složení ideálního proteinu (% z obsahu lysinu) pro kapra obecného a pstruha duhového .....	20
Tab. 6: Potřeba živin v kompletní směsi pro pstruha – standardní tabulka .....	21
Tab. 6: (pokračování): Potřeba živin v kompletní směsi pro kapra obecného – standardní tabulka .....	22
Tab. 7: Koefficienty zdánlivé stravitelnosti živin u ryb (model – pstruh duhový).....	29
Tab. 8: Minimální požadavky na denní dávku stravitelné energie (DE) a krmiva (%) pro pstruha duhového při třech teplotách .....	33
Tab. 9: Potřeba vitaminů pro lososovité ryby a kapra obecného .....	34
Tab. 10: Složení premixu určeného do krmiva pro pstruha duhového a kapra obecného (AMINOVITAN 2007). .....	36
Tab. 11: Biodostupnost fosforu z různých druhů krmiv pro pstruha duhového a kapra obecného .....	40
Tab. 12: Požadavky na minerální látky vybraných druhů lososovitých ryb, kapra obecného a tilapie .....	41
Tab. 13: Antinutriční látky přirozeně se vyskytující v komponentech využívaných do krmných směsí pro ryby .....	42
Tab. 14: Rozdíly mezi živým zooplanktonem a suchou dietou .....	49
Tab. 15: Nutriční hodnota vybraných druhů živé potravy .....	50
Tab. 16: Podíl sóji v krmných směsích pro různé věkové kategorie ryb .....	54
Tab. 17: Vztah mezi velikostí ryb a vhodné zrnitosti použitých krmiv. ....	59
Tab. 18: Velikostní struktura granulí a jejich podíl z celkového množství spotřebovaného krmiva pro pstruha duhového v produkčním cyklu. ....	60
Tab. 19: Doporučené krmné dávky krmiv s rozdílnou úrovní energie a rozdílnou strategií intenzity krmení .....	60
Tab. 20: Hodnoty sledovaných parametrů u tržních pstruhů duhových z různých farem v ČR .....	80
Tab. 21: Hodnoty výtěžnosti a složení svaloviny vybraných druhů ryb z rozdílných podmínek chovu .....	82
Tab. 22: Spektrum mastných kyselin ve svalovině candáta obecného s použitím různé technologie chovu a použitého krmiva .....	84
Tab. 23: Výsledky senzorického hodnocení candáta obecného s použitím různé strategie výživy.....	85
Tab. 24: Nejčastější příznaky způsobené poruchami ve výživě.....	101

# A. VÝŽIVA A KRMENÍ

prof. Dr. Ing. Jan Mareš

V posledních několika desetiletích došlo k výrazné diferenciaci produkčních systémů chovu ryb a rozšíření spektra chovaných rybích druhů. To vyplývá ze zvyšujícího se významu akvakultury pro širokou oblast rybařství. Tato skutečnost klade zvýšené nároky na optimalizaci výživy a techniky krmení různých druhů ryb, jejich věkových kategorií a odlišných podmínkách chovu. Zároveň je zdůrazňována minimalizace dopadu intenzivních chovů ryb na okolní prostředí.

S použitím vhodných a kvalitních krmiv a při zajištění optimálních podmínek lze dosáhnout vysokého produkčního i ekonomického efektu při produkci konzumních i násadových ryb. Zvolená strategie krmení ovlivňuje nejen výši přírůstku, ale i kvalitu finálního produktu, a to jak životaschopnost násadového materiálu, tak i kvalitu rybího masa jako potraviny. Pro úspěšný chov ryb ve speciálních zařízeních je potřeba získání znalostí v oblasti výživy, potřebných k výrobě a aplikaci kvalitních krmiv s vysokou produkční účinností.

V obecné části zabývající se výživou a krmením ryb bude pozornost zaměřena zejména na požadavky a specifika pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Doplněny budou dostupné údaje u dalších hospodářsky významných druhů ryb.

Kapr a další kaprovité ryby jsou tradičně chovány v rybničních podmínkách na bázi přirozené potravy. Pro zvýšení produkce jsou příkrmovány zpravidla sacharidovými krmivy na bázi obilovin, dodávajícími energii pro pokrytí potřeb metabolismu ryb. Přirozená potrava je tak efektivně využívána k tvorbě přírůstku. Tento způsob označujeme jako příkrmování a případný deficit některé z potřebných živin v krmivu vyrovnává přirozená potrava. Při zvýšené intenzitě chovu se zvyšuje význam použitého krmiva, což se samozřejmě odráží v požadavcích na jeho kvalitu. Výživná hodnota krmiva pak musí pokrývat celé spektrum nutričních požadavků chovaných ryb. Zároveň se snižuje dostupnost a význam přirozené potravy. Přecházíme od pojmu příkrmování k termínu krmení a z podmínek rybničního chovu do intenzivní akvakultury. V podmínkách České republiky jsou v současnosti kapr a další kaprovité ryby chovány v intenzivním chovu na začátku svého životního cyklu – počáteční odchov raných stádií, nebo při kombinované technologii chovu, tedy v zimním období s použitím oteplené vody a kompletních krmných směsí. Zatím pouze výjimečně jde o chov



do tržní hmotnosti v průběhu celého produkčního cyklu, např. klecové systémy na lokalitách využívajících odadní oteplenou vodu. Nutričně hodnotné krmné směsi jsou využity u zhuštěných obsádek při odchovu plůdku, případně násady v rybničních podmínkách, v intenzifikačních rybnících s produkcí přesahující zpravidla 3 t z ha.

Lososovité ryby patří k rybím druhům tradičně chovaným v podmínkách intenzivní akvakultury, tedy v řízeném prostředí, s vysokou koncentrací ryb, při minimalizaci nebo s vyloučením přirozené potravy. Jejich výživa je zajišťována kompletními krmnými směsmi pokrývající v celé šíři spektrum jejich nutričních požadavků.

Zásady výživy a krmení ryb vycházejí z jejich morfologické a fyziologické adaptace k příjmu, trávení a využití jednotlivých složek krmiva a energie. Znalost principů výživy a potravních specifíků ryb chovaných v podmínkách speciálních zařízení (intenzivních chovů) umožňuje provádění jejich racionálního a efektivního krmení. Úspěšný a ekonomicky efektivní chov závisí na použití krmiv s odpovídající úrovní energie a vyváženým poměrem živin. Cílem je dosažení maximálního přírůstku, příznivé konverze krmiva, dobrého zdravotního stavu chovaných ryb, vysoké kvality produkované potraviny a minimálního dopadu na přírodní prostředí.

Výživa je proces příjmu a využití potravy, jehož součástí je příjem (ingesce), trávení (digesce), vstřebávání (absorpce), transport živin v organismu a exkrece produktů metabolismu. Úroveň výživy závisí na druhu a věku ryby, chovném systému a podmínkách prostředí. Nejvýznamnější pro ryby, jako poikiloternní živočichy, je teplota vody a obsah dostupného rozpuštěného kyslíku.

## **1. ZÁKLADY FYZIOLOGIE VÝŽIVY RYB**

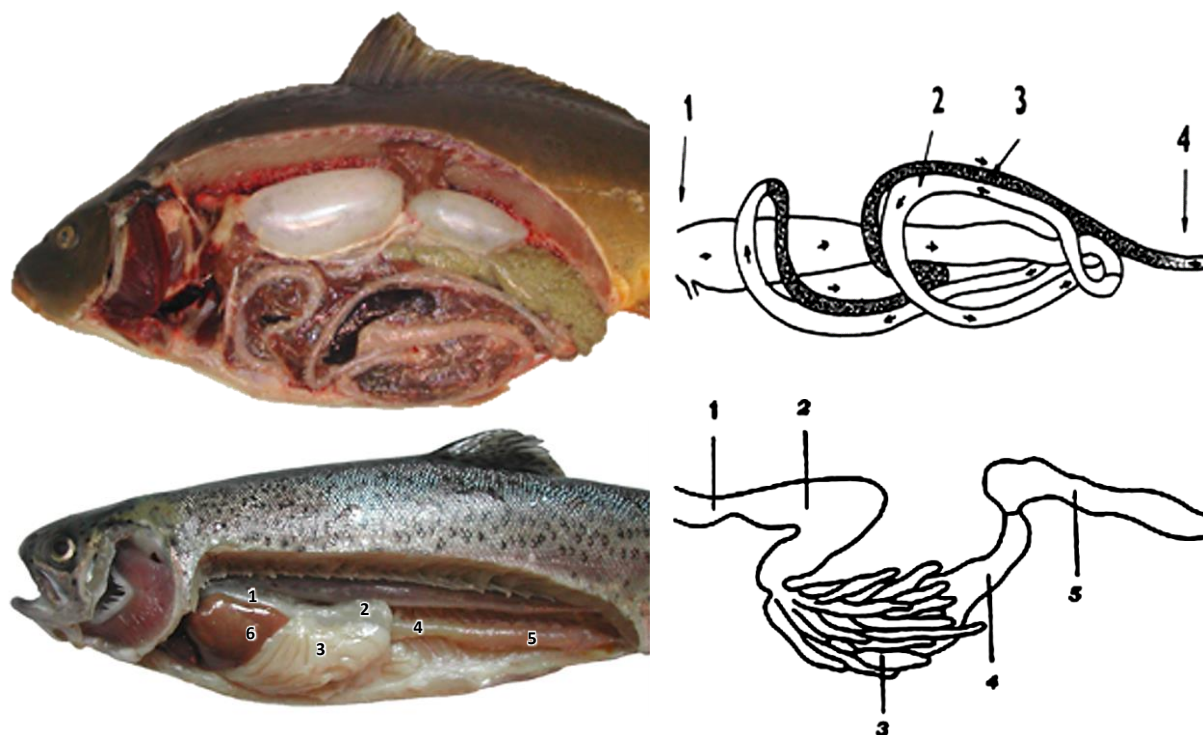
Potravní spektrum, včetně získávání potravy, je specifické pro jednotlivé rybí druhy nebo jejich skupiny. Tomu odpovídá i stavba zažívacího traktu, enzymatické vybavení a nároky na složení krmných směsí. Ve srovnání se zažívacím traktem teplokrevných zvířat je několik zásadních odlišností. Podstatné rozdíly jsou rovněž mezi jednotlivými druhy ryb. Naopak společnými vlastnostmi ryb je absence slin v ústní dutině. K usnadnění průchodu přijímané potravy slouží hlen polysacharidové povahy vylučovaný v přední části jícnu. Dále minimální množství střevní mikroflóry ( $10^3$ – $10^8$  bakterií v 1 g střevního obsahu), bez výskytu celulólytických bakterií, což způsobuje nestravitelnost vlákniny v zažívacím traktu ryb.

Zásadní rozdíl mezi kaprem obecným a pstruhem duhovým je ve stavbě zažívacího traktu. Kapr má trávicí ústrojí bez žaludku. K rozmělnění potravy napomáhají požerákové

zuby, umístěné na posledním žaberním oblouku. Potravu drtí proti patrové ploténce, která vznikla keratinizací sliznice horní části hltanu, pomocí požerákových zubů je schopen drtit i velmi tvrdá semena. Potrava se z dutiny ústní přes hltan a jícen dostává přímo do střeva. Jeho přední část je rozšířena (*bulbus intestinalis*), ale nenahrazuje žaludek, není zde obsažena kyselina chlorovodíková ani pepsin. Trávení u kapra probíhá v neutrálním až zásaditém prostředí. Stěna střevní je složena ze tří vrstev. Epitel je jednovrstevný a obsahuje mukosekreční buňky a enterocyty (zajišťující absorpci živin). Střevo je rozděleno do tří odlišných částí. Přední (proximální) část zajišťuje absorpci lipidů. Ve střední části dochází k absorpci proteinů. Struktura enterocytů je u dospělých kaprů stejná jako u neonatálních savců. Tato buněčná organizace umožňuje absorbovat některé makromolekuly proteinů v neporušeném stavu. Střední část střeva má u živých ryb nahnědlou barvu. Zadní (distální) část měří pouze 2–3 cm a má ve srovnání s předchozím úsekem světlejší barvu. Absorpce živin je snižena, distální úsek střeva je adaptován na iontovou výměnu s krví a na osmotický transport vody.

Trávicí soustava lososovitých ryb má odlišnou stavbu. Tvoří ji ústa (*rima oris*), ústní dutina (*cavum oris*), hltan (*pharynx*), jícen (*oesophagus*), žaludek (*ventriculus*) a střevo (*intestinum*). Zuby v ústní dutině neslouží k rozměňování potravy, pouze k jejímu uchopení. Žaludek je tvořen dvěma částmi, přední (kardiální, sestupnou) a zadní (pylorickou, vzestupnou). Přechod mezi žaludkem a střevem tvoří vrátník (*pylorus*). Typickou součástí trávicího traktu lososovitých ryb jsou pylorické přívěsky, umístěné na začátku střeva. Jejich počet je jedním z meristických determinačních znaků jednotlivých druhů lososovitých ryb (např. lipan podhorní 23-25, pstruh obecný 40-90, síhové několik set). Střevo je u ryb obtížně rozlišitelné na tenké a tlusté, proto je často rozdělováno dle funkce na proximální (přední) a distální (zadní).

Trávicí trakt je u obou skupin ryb ukončen řitním otvorem (*anus*). Na trávení se významně podílejí dvě žlázy – játra (*hepar*) a slinivka břišní (*pancreas*). U vyšších ryb dochází prorůstání slinivky do jater, resp. rozptýlení této žlázy v játrech, tento útvar se nazývá hepatopankreas.



Obr. 1: Trávicí trakt kapra obecného a pstruha duhového (schéma dle Spurný, 1998).  
 Popis: Kapr obecný – 1 - jícen, 2 - proximální střevo, 3 - střední střevo, 4 - distální střevo;  
 Pstruh duhový – 1 - jícen, 2 - žaludek, 3 - pylorické přívěsky, 4 - proximální střevo,  
 5 - distální střevo, 6 - játra

Trávení je složitý mechanický a chemický proces, jehož prostřednictvím dochází k rozštěpení, uvolnění a rozpuštění živin tak, aby mohly být v průběhu průchodu zaživacím traktem (střevem) vstřebány. Trávení začíná u lososovitých ryb v žaludku, kde v kyselém prostředí (hodnota pH klesá až na úroveň 2) působí na bílkoviny proteolytický enzym pepsin. Ten je vylučován žlázami ve sliznici žaludku jako neaktivní pepsinogen a aktivován působením kyseliny chlorovodíkové (vylučované rovněž sliznicí žaludku). Ze žaludku se trávenina přes vrátník dostává do střeva. Někdy se uvádí nebezpečí poškození vrátníku při použití příliš velkých granulí. Na počátku střeva jsou připojeny slepé pylorické přívěsky. Jejich stavba je shodná se stavbou střeva, obsahují enzym lipázu a zvětšují trávicí plochu. Na začátku střeva se rovněž nachází zaústění vývodů slinivky břišní společně se žlučovými vývody. Hodnota pH se mění ze silně kyselé na neutrální až zásaditou. Ve střevě dochází po styku se žlučí k emulgaci tuku, a jeho rozkladu prostřednictvím lipázy na mastné kyseliny a glycerol. Ze střevní sliznice, obsahující slizotvorné buňky a žlázy, se vylučují trávicí enzymy. Jedná se o enterokynázu, aktivující trypsinogen (vylučovaný slinivkou) na proteolytický enzym tripsin, již zmíněnou lipázu (pocházející rovněž z pankreatické šťávy) a dále amylázu, rozkládající sacharidy na jednoduché dobře vstřebatelné cukry (glukózu). Sekrece

amylolytických enzymů je zajišťována exokrinní tkání pankreatu, nejvýznamnější je amyláza, u kapra obecného a herbivorních ryb také maltáza. Bílkoviny jsou zde rozloženy na jednoduché peptidické řetězce a aminokyseliny. U některých druhů ryb jsou navíc ještě vylučovány chitináza (umožňující rozklad chitinových obalů) a kolagenáza (patřící mezi proteolytické enzymy). Na stěvních stěnách se vyskytuje velké množství klků (výstupků) zvyšujících povrch střeva. Štěpné produkty trávicích procesů procházejí stěvním stěnou a jsou tělními tekutinami distribuovány, zpravidla přes játra po organismu. V zadní části střeva jsou vstřebávány z tráveniny soli a voda a nestrávené zbytky jsou ve formě výkalů vylučovány do vodního prostředí. Celý zažívací trakt je u lososovitých ryb poměrně krátký, délka střeva odpovídá přibližně délce těla. Aktivita trávicích enzymů je ovlivňována zejména teplotou vody a složením krmiva.

Příjem krmiva rybami je ovlivňován celou řadou biotických a abiotických faktorů. Mezi nejvýznamnější biotické faktory patří rybí druh a věk ryby (s rostoucím věkem, případně velikostí, klesá intenzita metabolismu, růstu a příjmu potravy). Juvenilní ryby (plůdek, roček) mají kvalitativně stejné, ale kvantitativně odlišné nutriční požadavky než starší (adultní) ryby. Vyznačují se vyšší intenzitou metabolismu, což vyžaduje reaktivně vyšší množství živin na jednotku hmotnosti. Z abiotických faktorů pak mají rozhodující vliv podmínky prostředí (teplota, obsah rozpuštěného kyslíku, případně další hydrochemické parametry). Dále pak světelný režim, proudění vody apod. Optimální teplota vody pro příjem a využití potravy je u kapra obecného na úrovni 22–25 °C (ryba teplomilná), u pstruha duhového v rozmezí 14–16 °C (až 19 °C, ryba studenomilná). Pro dobrý růst a účinnou konverzi krmiva by nasycení vody kyslíkem nemělo klesat pod hodnotu 85–90 % u pstruha, resp. 70–75 % u kapra. Dalšími faktory jsou kvalita krmiva (složení, vlastnosti) a technika krmení (frekvence, intenzita a způsob aplikace).

Rychlost průchodu potravy zažívacím traktem je ovlivněna rybím druhem, věkem ryb, teplotou prostředí, a dále typem krmiva, velikostí krmné dávky a stravitelností potravy. Ovlivňuje ji i světelný režim, frekvence krmení a zdravotní stav ryb. Pro názornost lze uvést, že při zvýšení teploty vody o 10 °C (ze 14 na 24 °C), dojde ke zkrácení doby průchodu potravy zažívacím traktem na polovinu, tj. rychlost se zdvojnásobí. Při optimálních teplotních podmínkách činí doba trávení přirozené potravy u pstruha přibližně 5–6 hodin, krmné směsi, podle typu, pak 12–24 hodin. Znalost doby průchodu potravy zažívacím traktem je využívána pro stanovení intenzity a frekvence aplikace krmiva.

## 2. SLOŽENÍ KRMIV

Ryby vyžadují stejné živiny jako teplokrevní živočichové, ale liší se nižší spotřebou energie. Pro stanovení potřeby živin u ryb je potřeba vycházet z jejich biologických a potravních zvláštností. Nutriční požadavky se po stránce kvantitativní potřeby živin odlišují u studenomilných karnivorních (lososovitých) ryb a teplomilných omnivorních (kaprovitých) ryb. Požadavky na úroveň výživy a kvalitu krmiv stoupají se zvyšující se intenzitou chovu a klesající dostupností přirozené potravy. Pro základní orientaci o potřebě živin lze využít analýzy složení těla ryby nebo složení jejich přirozené potravy. Výsledky chemických analýz prezentují pouze chemické složení analyzovaných látek, nikoli však dostupnost (biodostupnost) jednotlivých komponentů pro růst a vývoj rybního organismu.

Znalosti z oblasti fyziologie a výživy živočišných organismů, zastupitelnosti a využitelnosti jednotlivých živin, umožňují optimalizovat složení krmiva a následně i ekonomiku chovu. Typickým příkladem ve výživě ryb je využití bílkovin jako energetické živiny, což je s ohledem na jejich cenu a energetickou hodnotu ve srovnání s tukem či sacharidy ekonomicky nevýhodné.

Tab. 1.1: Obsah živin v krmných směsích pro pstruha duhového (Jirásek a kol. 2005).

<b>Doporučené rozpětí obsahu živin v krmných směsích pro pstruha duhového</b>			
<b>Plůdek pstruha duhového</b>			
Protein	%		47,0–64,0
Tuk	%		7,0–20,0
Vláknina	%		0,2–0,8
Popel	%		6,5–9,0
Velikost částic	mm		0,3–1,3
<b>Násadový materiál</b>			
Protein	%		42,0–55,0
Tuk	%		12,0–23,0
Vláknina	%		0,1–1,5
Popel	%		6,5–11,0
Velikost částic	mm		1,3–2,0
<b>Tržní pstruh duhový</b>			
Protein	%		38,0–48,0
Tuk	%		13,0–27,0
Vláknina	%		0,7–2,4
Popel	%		5,5–11,3
Velikost částic	mm		2,0–6,0

Živiny lze rozdělit na základě chemických analýz na několik skupin – dusíkaté látky, lipidy, sacharidy, popeloviny, dále vitaminy a organické kyseliny. Potřebu živin pro pstruha duhového a kapra obecného uvádí tabulka Tab. 1.1 a 1.2.

Tab. 1.2: Obsah živin v krmných směsích pro kapra obecného (Jirásek a kol. 2005, upraveno).

<b>Doporučené rozpětí obsahu živin v krmných směsích pro kapra obecného</b>		
<b>Raná stádia kapra obecného (prestarter)</b>		
Protein	%	45,0–55,0
Tuk	%	12,0–15,0
BNLV	%	–15,0
Popel	%	10,0–12,5
Velikost částic	mm	0,3–1,3
Brutto energie	$\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	20,3–21,0
<b>Starterové krmivo (shodné složení i pro další intenzivní chov kapra)</b>		
Protein	%	40,0–42,0
Tuk	%	8,0–12,0
BNLV	%	15,0–20,0
Popel	%	7,0–10,0
Velikost částic	mm	1,5–6,0
Brutto energie	$\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	18,5–20,0
<b>Doplňkové krmivo</b>		
Protein	%	32,0–35,0
Tuk	%	6,0–7,0
Vláknina	%	45–6,0
BNLV	%	38,0–42,0
Popel	%	7,5–8,0
Brutto energie	$\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	17,0–17,5
Velikost částic	mm	2,0–6,0
<b>Kondiční krmivo pro kapří plůdek</b>		
Protein	%	20,0–22,0
Tuk	%	10,0–12,0
BNLV	%	50,0–55,0
Popel	%	7,9–9,0
Brutto energie	$\text{kJ}\cdot\text{g}^{-1}$	17,5–18,5

## 2. 1. PROTEINY (DUSÍKATÉ LÁTKY)

Proteiny jsou hlavní organickou složkou rybí tkáně, tvoří 65–75 % podílu sušiny. Ryby příjmem proteinů získávají aminokyseliny nezbytné pro vlastní organismus. Proteiny krmiva jsou pak tráveny nebo hydrolyzovány a vzniklé volné aminokyseliny jsou ve střevě absorbovány a distribuovány krví do orgánů a tkání. Tyto aminokyseliny jsou využity v různých tkáních k tvorbě nových proteinů. Dostatečný příjem proteinů nebo aminokyselin je nezbytný, protože aminokyseliny jsou využívány kontinuálně, jsou tvořeny nové proteiny (růst, reprodukce) nebo nahrazují stávající proteiny (obnova, udržování). Nedostatečné množství proteinů v potravě znamená zpomalení, nebo zastavení růstu. Naopak příliš vysoký

obsah zhoršuje jejich využití na tvorbu přírůstku, protože část přijatých proteinů je přeměněna v energii.

Tato skupina živin patří svým charakterem do živin stavebních, nicméně část z nich je v organismu využívána jako energetický zdroj. Jedná se o živiny nepostradatelné. Existence živočichů a jejich produkce je závislá na příjmu využitelných zdrojů dusíkatých látek (NL). Stanovení obsahu v krmivech i tkáních vychází ze stanovení obsahu dusíku a vynásobením koeficientem 6,25, vycházejícího z poměrně stálého obsahu 16 % dusíku (N) v bílkovinách. Energetická hodnota získaná spálením 1 g bílkovin je asi 24 kJ, oxidací organismus získá méně, protože část získané energie je využita na exkreci produkovaného amoniaku. U teplokrevných zvířat je zisk kolem 17 kJ.g<sup>-1</sup>, protože 7 kJ.g<sup>-1</sup> tvoří energetické náklady spojené s vyloučením dusíku ve formě močoviny.

Z praktického hlediska se někdy používá dělení na organické (myšleny zejména bílkoviny) a anorganické (amoniak, močoviny, dusitany, dusičnany aj.). Anorganické dusíkaté látky nemají pro výživu ryb praktický význam. Organické dusíkaté látky jsou jednou za základních složek krmiva a proto se označení NL týká víceméně bílkovin. V zahraniční literatuře je označení proteiny považováno za synonymum pro bílkoviny. Pro zjednodušení komparace se zahraničními prameny se, bez ohledu na výše popsané rozdělení, budeme držet této praxe.

Chemická skladby bílkovin je poměrně stálá. Jedná se o dlouhé a složité řetězce, tvořené aminokyselinami, případně v kombinaci s nebílkovinnými frakcemi (kyseliny fosforečná a nukleová, sacharidy, lipidy, organická barviva aj.). V bílkovinách se pravidelně objevuje 20 různých aminokyselin. Vlastní aminokyseliny (AA – amino acids) obsahují prvky uhlík, vodík, kyslík a dusík a dvě charakteristické funkční skupiny: aminoskupinu – NH<sub>2</sub> a karboxylovou skupinu – COOH. Obsah dusíku je prakticky konstantní (kolem 16 %, viz výše). Aminokyseliny mají obdobnou stavbu a organismus je schopen některé z nich sám z jiných vytvořit. Jednotlivé aminokyseliny jsou v různém zastoupení obsaženy v různých bílkovinách. Jejich vzájemná kombinace umožňuje vznik celé škály různých bílkovin.

K vytvoření jednotlivých bílkovin musí mít organismus k dispozici vhodné aminokyseliny, a to současně a v dostatečném množství. Z uvedených 20 AA je pro ryby deset esenciálních (nepostradatelných, EAA), které si organismus nedokáže vytvořit a musí být přijaty v potravě. Zbýlých deset si dokáže syntetizovat z jiných AA nebo je nevyžaduje. Rozdělení aminokyselin, jejich zastoupení ve svalovině pstruha duhového a kapra obecného, požadavek na jejich obsah v krmivu a zastoupení esenciálních aminokyselin v některých krmivech uvádí tabulky Tab. 2 a 3. Požadavky na jednotlivé aminokyseliny jsou zpravidla

udávány v procentickém podílu proteinů při známé úrovni proteinů v krmivu, nebo v hmotnostních jednotkách (zpravidla v gramech) na kilogram krmiva. Ve výjimečných případech pak v hmotnostním množství na jednotku hmotnosti ryb a krmný den. Organismus si nedokáže EAA ukládat do zásoby, proto musí být přijímány pravidelně, ve vhodném poměru a společně. Využití aminokyselin pro tvorbu tělních bílkovin je limitováno vždy zastoupením té AA, které je v přijímané potravě nejméně, resp. při syntéze tělních bílkovin je zcela spotřebována z EAA jako první. Tato aminokyselina je označována jako limitující. Další AA již nejsou využitelné pro výstavbu tělních bílkovin a zpravidla jsou využívány pro energetické účely, tedy pro chovatele neefektivně. Navíc díky procesu deaminace AA při jejich energetickému využití dochází ke zvýšení vylučování amoniaku, což znamená zvýšení zatížení organismu ryb a prostředí.

Tab. 2: Rozdělení aminokyselin, složení bílkovin těla pstruha duhového, potřeba esenciálních aminokyselin (g. 100 g bílkovin-1, Příhoda 2006).

Esenciální			Neesenciální	
Aminokyselina	Obsah ve svalovině	Potřeba	Aminokyselina	Obsah ve svalovině
1. Arginin	5,9	3,1	1. Tyrosin	3,4
2. Histidin	2,5	1,4	2. Glycin	7,6
3. Isoleucin	4,0	2,1	3. Alanin	6,1
4. Leucin	7,2	3,9	4. Kyselina aspartová	9,2
5. Lysin	8,7	4,7	5. Cystin	
6. Methionin	2,9	1,6	6. Cystein	1,3
7. Fenyylalanin	5,1	2,8	7. Kyselina glutamová	13,1
8. Threonin	5,5	3	8. Serin	4,2
9. Tryptofan	0,9	0,4	9. Prolin	
10. Valin	5,2	2,8	10. Hydroxyprolin	4,4

V přirozených podmínkách s dostatkem přirozené potravy bohaté na bílkoviny se s nedostatkem aminokyselin setkáváme jen velmi vzácně. V intenzivních chovech ryb se může objevit deficit některých esenciálních aminokyselin. Zpravidla se jedná o metionin (a cystin) a lysin. Tyto aminokyseliny jsou vyráběny synteticky a jsou do krmiv v požadovaném množství přidávány. Cystin je považován za semiesenciální aminokyselinu, tj. do určité míry může nahradit u ryb metionin, a je udáván v celkovém množství společně s metioninem (Met



+ Cyst). Obdobně i phenylalanin a tyrosin. Obsah sumy metionin + cystin je zpravidla udáván i na etiketě nebo informační tabulce u každého krmiva.

Tab. 3: Potřeba obsahu aminokyselin a porovnání obsahu esenciálních aminokyselin v jednotlivých bílkovinných surovinách (dle Halver a Hardy 2002a, Příhoda 2006b).

Aminokyselina	Pstruh duhový (potřeba) <sup>a,b</sup>	Kapr obecný (potřeba) <sup>a</sup>	Rybí moučka	Sójový protein	Krevní moučka
	g ve 100 g proteinů				
Treonin	3,0–3,7	3,3–3,9	3,6	3,8	3,9
Valin	2,8–3,1	2,9–3,6	3,9	5,1	9,6
Metionin	1,6–3,0	1,6–2,1	2,5	1,3	0,9
Leucin	3,9–4,4	3,3–4,1	5,6	7,7	13,4
Izoleucin	2,1–2,4	2,3–2,5	3,4	4,6	1,3
Lyzin	3,7–5,3	5,3–5,7	6,4	6,1	9,2
Arginin	3,1–4,7	3,8–4,3	6,4	7,4	4,7
Fenylalanin	2,8–5,2	4,9–6,5	3,2	5	7,8
Tryptofan	0,4–1,4	0,3–0,8	1,2	1,5	0,4
Histidin	1,4–1,6	1,4–2,1	1,7	2,4	7

Nároky na množství proteinu a jeho složení jsou ovlivněny vedle druhu chované ryby následujícími faktory:

věk chované ryby (mladší věkové kategorie vyžadují vyšší obsah bílkovin než starší, viz dále)

dostupnost přirozené potravy (přirozená potrava pokrývá určitou část potřeby bílkovin a eliminuje případný deficit některých AA)

teplota vody (s poklesem teploty vody pod optimální úroveň klesá požadavek na obsah bílkovin)

kvalita proteinu (deficit některé z EAA byl, zejména v minulosti, eliminován zvýšením obsahu bílkovin v krmivu, v současnosti je využívána optimalizace spektra EAA doplněním konkrétní AA)

obsah neproteinové energie (zvýšený množství energie v krmivu ve formě tuku a sacharidů, zpravidla přes 50 %, snižuje energetické využití bílkovin)

intenzita krmení, resp. intenzita chovu (se stoupající intenzitou chovu se zpravidla používají krmné směsi s vyšším obsahem bílkovin, u tržních ryb z běžně používané hodnoty 40–44 % dochází u lososovitých ryb ke zvýšení na 48 %).

V současnosti jsou ověřovány produkční účinky krmných směsí se sníženým obsahem NL na úroveň 35–38 % a optimalizovaným poměrem AA. Důvodem je snižující se dostupnost rybí moučky a snaha o snížení resp. udržení cen krmiv.

Pokles potřeby proteinů ve vazbě na pokles teploty platí zejména pro teplomilné druhy ryb. Podle Halver a Hardy (2002) nebyla u pstruha duhového zjištěna změna potřeby obsahu proteinů v krmivu v teplotním rozmezí 9–18 °C. Naopak u kapra obecného dochází v závislosti na poklesu teploty k poklesu potřeby obsahu proteinů přijímaných v krmivu. Při optimální teplotě (25 °C) se množství proteinů pro maximální růst pohybuje kolem 45 %. S poklesem teploty pod úroveň 20 °C klesá i požadované množství proteinů na hodnotu 35 %. Při teplotách pod 15 °C se jedná o úroveň 15–17%.

Potřeba obsahu dusíkatých látek se udává v procentech suché hmotnosti krmiva. Ryby vyžadují pro růst 25–50% zastoupení v krmivu. Pro pstruha duhového je minimální doporučená úroveň obsahu bílkovin v krmivech následující:

plůdek	48–50 % (běžný obsah ve starterových směsích se pohybuje v rozsahu 50–57 %, některé obsahují i více než 60 %)
roček	44–46 % (obsah v krmných směsích 42–49 %)
tržní ryby	40–42 % (obsah v krmných směsích 38–49 %)
generační ryby zpravidla	50 %

Potřebu proteinu v krmivu kapra lze diferencovat podle jeho využití:

pro záchovnou dávku	0,90–0,95 g.kg <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>
maximální růst	12 g.kg <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>
optimální konverzi a přírůstek	6–7 g.kg <sup>-1</sup> .den <sup>-1</sup>

Potřeba proteinu v doplňkovém krmivu používaném v rybničním chovu kapra závisí na dostupnosti přirozené potravy. Doplňkové směsi pro kapří plůdek do hmotnosti přibližně 50 g by měly obsahovat 27–30 %, při depresi přirozené potravy kolem 32 % proteinu. Krmivo pro násadové kapry (do 300 g) pak okolo 25 % a pro těžší kapry při nedostatku potravy je účelné použít krmnou směs s 20–22 % proteinu. V současnosti jsou k dispozici krmné směsi

pro kapra s obsahem až 33–36 % proteinu. Ty se uplatňují v podmínkách s omezeným množstvím aplikované směsi. Při chovu kapra v optimálních teplotních podmínkách a absenci přirozené potravy se potřeba proteinu diferencuje podle hmotnosti ryb:

plůdek do 50 g	40–42 %
násada do 500 g	35–40 % (až 50 % Mareš a kol. 1999)
kapr nad 500 g	30 % (Jirásek a kol 2005)

Příznivé hodnoty intenzity růstu a krmného koeficientu u různé hmotnosti chovaných ryb byly dosaženy u vybraných druhů úrovní proteinu uvedenou v tabulce Tab. 4 (Filipiak 1997). Nejpříznivější produkční parametry (viz Hodnocení produkční účinnosti) byly u kapra dosaženy s kompletními krmnými směsí s obsahem přibližně 45 % proteinu a 25 % tuku, při chovu ryb do hmotnosti přibližně 1 500 g. Při porovnání produkční účinnosti komerčně vyráběných krmiv při produkci násady kapra v oteplené vodě, bylo dosaženo nejpříznivějších výsledků u krmiv s 50 % dusíkatých látek. Pro ekonomiku chovu je ovšem potřeba vzít v úvahu náklady na produkci 1 kg ryby a její tržní hodnotu.

Tab. 4: Optimální úroveň proteinu v krmných směsích (v % sušiny krmiva) pro vybrané druhy ryb v závislosti na teplotě vody a kusové hmotnosti (dle Filipiak 1997).

Teplota vody (°C)	Pstruh duhový	Kapr obecný	Sumec velký
10	40	N	N
15	45–50	15–17	15
20	45	35	40
25	–	45	45
30	–	40	40
Hmotnost ryb (g)			
0,1–0,5	55	?	?
0,5–2,0	50	50–55	50–47
2,0–10	50–47	50–47	47
10–80	47–45	47–45	45
80–200	45	45	45
200–600	40	45–40	45
Nad 600	40–35	40	40

N – není znám

Kvantitativní potřebu proteinu významně ovlivňuje množství neproteinové energie v krmivu (u pstruha duhového by měla být vyšší než 50 %). V současnosti se spotřeba stravitelného proteinu (stravitelné dusíkaté látky – SNL; digestible proteins – DP) vztahuje k množství stravitelné energie v krmivu (SE; digestible energy – DE) a vyjadřuje se poměrem g SNL . MJ SE<sup>-1</sup>. V produkčních směsích pro pstruha duhového by optimální poměr měl činit

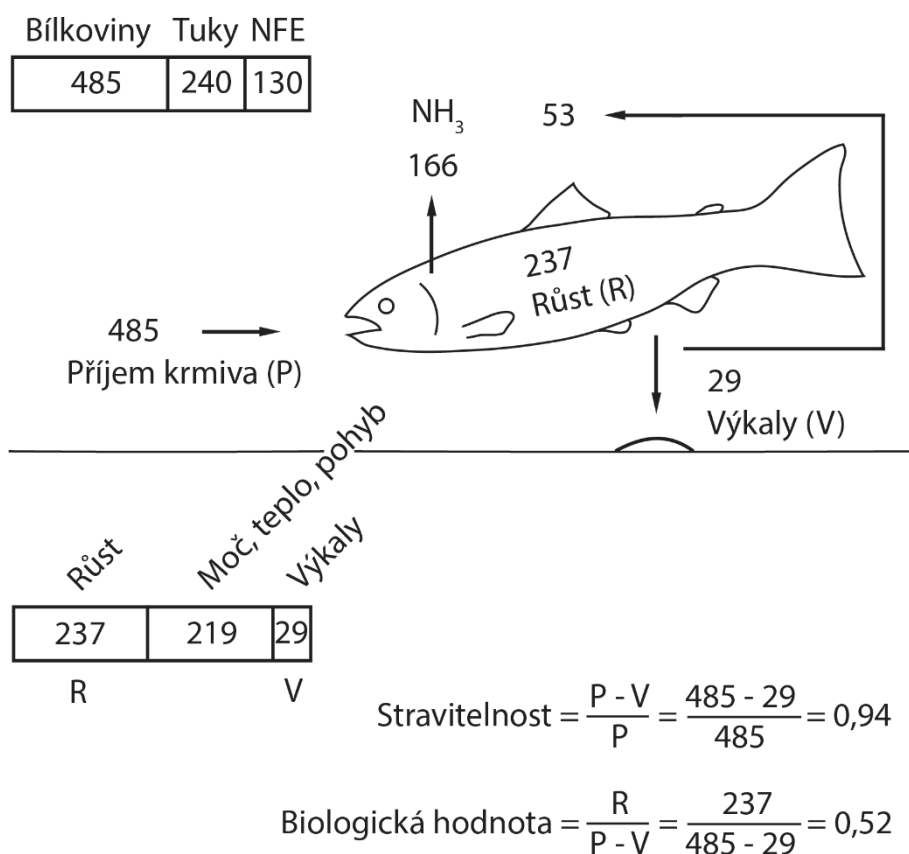
22–24 g SNL.MJ SE<sup>-1</sup>. Obecně by tento poměr u pstruha duhového a dalších lososovitých ryb neměl překračovat rozpětí 20–25 g SNL.MJ SE<sup>-1</sup>. U kapra se toto rozmezí pohybuje v intervalu 18–20 g SNL.MJ SE<sup>-1</sup>.

Energetické využití bílkovin v organizmu ryb je z chovatelského hlediska velmi neefektivní, protože energetický zisk je poloviční ve srovnání s využitím tuků, resp. srovnatelný v porovnání se sacharidy. Dalším faktorem je přírůstek, neboť s retencí 1 g bílkovin z krmiva v těle ryby dochází k navázání několika gramů (2–5 g) vody, což pozitivně ovlivňuje nárůst hmotnosti. Uložení (vytvoření) 1 g tuku zvýší hmotnost ryby právě jen o 1 g. Navíc je zde již zmíněný efekt zatížení vodního prostředí při deaminaci bílkovin.

Obsah proteinů v krmivech pro lososovité ryby prodělal od poloviny minulého století významný vývoj. Po roce 1950 se pohyboval jeho obsah na úrovni kolem 35 % s nárůstem do roku 1980 na úroveň přesahující 50 %. V současnosti převládá orientace na optimalizaci spektra aminokyselin (aminobalance) a dodání konkrétních limitujících aminokyselin při udržení nebo snižování celkového obsahu bílkovin.

Stravitelnost a využitelnost bílkovin obsažených v používaných krmných směsí se pohybuje v rozpětí 75–95 %. Tato hodnota je ovlivněna původem proteinů a spektrem aminokyselin. Pro hodnocení kvality proteinu se používá biologická hodnota bílkovin (BHB), vyjadřující podíl v těle uloženého dusíku z dusíku skutečně stráveného. Zde platí, že čím je zastoupení aminokyselin v krmivu bližší potřebě ryby, tím je biologická hodnota dusíkatých látek vyšší a organizmus jich spotřebuje méně. V běžné praxi se používají jednodušší hodnocení – přírůstek, intenzita růstu, PER, NPU aj. (uvedeno v části Hodnocení krmiv). Využití bílkovin přijatých v krmivu v organizmu ryby je znázorněno na obr. 2. Již složitější hodnocení biologické hodnoty bílkovin, resp. zastoupení aminokyselin v krmivářském výzkumu a praxi jsou chemické skóre, IAAS (Indispensable Amino Acids Index) nebo EAAI (Essential Amino Acids Index).

## Krmivo



Obr. 2: Využití přijatých bílkovin v organizmu ryb.

Nedostatek proteinů nebo esenciálních aminokyselin se neprojevuje přímo zdravotními problémy, dochází však ke snížení aktivity ryb, snížení příjmu potravy a depresi růstu.

Tab. 5: Složení ideálního proteinu (% z obsahu lysinu) pro kapra obecného a pstruha duhového (dle Jirásk a kol. 2005).

Aminokyselina	Porovnání k lysinu	Kapr obecný	Pstruh duhový
Lysin	%	100	100
Metionin	%	70	72
Met + cys	%	94	94
Treonin	%	73	73
Tryptofan	%	15	12
Arginin	%	103	103
Histidin	%	51	51
Izoleucin	%	58	58
Leucin	%	102	102
Fenylalanin + tyrosin	%	104	104
Valin	%	67	67

Tab. 6: Potřeba živin v kompletní směsi pro pstruha – standardní tabulka (Jirásek a kol. 2005 upraveno).

Živina		Plůdek pstruha obecného	Násadový materiál	Tržní pstruh duhový
Sušina	g	880	880	880
SE pstruh	MJ	20,1	20,5	19,7
SE kapr	MJ			
Dusíkaté látky	g	500	460	420
Lysin	g	19,9	18,3	16,7
Methionin	g	14,3	13,2	12,0
Methionin + Cystein	g	18,7	17,2	15,7
Threonin	g	14,5	13,4	12,2
Tryptofan	g	2,4	2,2	2,0
Arginin	g	20,5	18,8	17,2
Tuk	g	70–200	120–230	130–270
Vláknina	g	20–80	10–15	7–24
Ca	g	15,0	15,0	15,0
P	g	13,0	13,0	13,0
Mg	g	0,40–0,70	0,40–0,70	0,50
K	g	6,0–12,0	6,0–12,0	7,0
Na	g	12,0–30,0	12,0–30,0	6,0
Cl	g			9
Mn	mg	13,0	13,0	13,0
Zn	mg	80–200	80–200	30
Fe	mg	200,0	200,0	60,0
Cu	mg	3,0	3,0	3,0
I	mg			1,1
Se	mg	0,5–1,0	0,5–1,0	0,3
Vit. A	tis.m.j	10,00	6,00	2,50
D <sub>3</sub>	tis.m.j	2,400	2,400	2,200
E	mg	400,0	300	50,0
K <sub>3</sub>	mg	10	10	
B <sub>1</sub>	mg	20,0	15	8–10
B <sub>2</sub>	mg	30,0	25	6–10
B <sub>6</sub>	mg	25	20	
B <sub>12</sub>	mg	0,050	0,04	0,010
Biotin	mg	1,00	0,9	1,00
Kys. Listová	mg	10	8	1,00 (4–6)
Kys. nikotinová	mg	180,0	175	100
Kys. pantotenová	mg	50,0	50	20,0
Cholin	mg	2000	750	700
Vitamin C	mg	250	225	50
Myoinositol	mg			300

Tab. 6 (pokračování): Potřeba živin v kompletní směsi pro kapra obecného – standardní tabulka (Jirásek a kol. 2005 upraveno).

Živina		Kapří plůdek	Produkční směs – násada a tržní kapr	Rybniční podmínky
Sušina	g	880	880	880
SE pstruh	MJ			
SE kapr	MJ	16,0	15,0	14,0
Dusíkaté látky	g			
Lysin	g	22,0	20,0	17,0
Methionin	g	15,4	14,0	11,9
Methionin + Cystein	g	20,70	18,80	16,00
Threonin	g	16,10	14,60	12,40
Tryptofan	g	3,30	3,00	2,60
Arginin	g	22,70	16,00	17,50
Tuk	g	120	80	60
Ca	g	3,0–7,0	3,0–7,0	3,0–7,0
P	g	4,0–6,0	4,0–6,0	4,0–6,0
Mg	g	0,40–0,70	0,40–0,70	0,40–0,70
K	g	6,0–12,0	6,0–12,0	6,0–12,0
Na	g	12,0–30,0	12,0–30,0	12,0–30,0
Cl	g			9
Mn	mg	13,0	13,0	13,0
Zn	mg	80–200	80–200	80–200
Fe	mg	200,0	200,0	200,0
Cu	mg	3,0	3,0	3,0
I	mg			1,1
Se	mg	0,5–1,0	0,5–1,0	0,5–1,0
Vit. A	tis.m.j	10,00	9,50	8,00
D <sub>3</sub>	tis.m.j	2,400	1,750	1,500
E	mg	250,0	200,0	100,0
K <sub>3</sub>	mg	10	8	7
B <sub>1</sub>	mg	20,0	15,0	10,0
B <sub>2</sub>	mg	20,0	17,5	15,0
B <sub>6</sub>	mg	15	10	10
B <sub>12</sub>	mg	0,040	0,035	0,020
Biotin	mg	1,0	0,75	0,60
Kys. listová	mg	7,00	5,50	5,00
Kys. nikotinová	mg	120,0	100,0	80,0
Kys. pantotenová	mg	50,0	45,0	40,0
Cholin	mg	1000	800	750
Vitamin C	mg	250	200	150

V současnosti je ve výživě obecným trendem snižování obsahu proteinů v krmných směsích a optimalizace obsahu jednotlivých aminokyselin tak, aby byla dosažena minimální hodnota krmného koeficientu při optimálním růstu a minimalizaci množství exkrementů a amoniaku, zatěžujících chovný systém. Novým prvkem nebo koncepcí je stabilní hodnota stravitelného proteinu v krmné směsi, při povoleném kolísání jeho obsahu, resp. stabilní poměr stravitelného proteinu a stravitelné energie (DP/DE) u každé nabízené krmné směsi. Tato koncepce vychází z možnosti úpravy složení krmné směsi na základě dostupnosti a ceny komponentů. Použité komponenty mohou mít rozdílnou stravitelnost proteinů a energie. V krmné směsi tak může kolísat obsah tzv. hrubých živin a energie, ale musí být zachován obsah stravitelných proteinů a energie a jejich vzájemný optimální poměr. Příkladem může být koncepce firmy BioMar s označením YTELSE.

## **2.2 LIPIDY**

Lipidy jsou významným zdrojem energie a esenciálních mastných kyselin, které jsou nezbytné pro normální růst a vývoj. U lososovitých ryb (obecně u všech ryb karnivorních), studenomilných a mořských plní úlohu nejdůležitějšího zdroje energie a jsou pro tyto ryby nenahraditelné. To vychází z omezené možnosti těchto ryb trávit sacharidy. Lipidy jsou složitou skupinou živin tvořenou tuky, mastnými kyselinami, vosky, lipoproteiny a dalšími látkami. Podle funkce v organismu jsou rozdělovány na složky buněčných membrán (cholesterol a fosfolipidy), energetický substrát (triacylglyceroly) a mastné kyseliny, které jsou především pohotovým a vydatným zdrojem energie. Někdy se používá rozdělení na tuky neutrální (estery mastných kyselin a glycerolu) s energetickou funkcí a funkční lipidy (zejména fosfolipidy, estery mastných kyselin a kyseliny fosforečné), které jsou hlavní složkou buněčných membrán a určují jejich vlastnosti. V živočišném těle je tuk deponován v buněčném prostoru, kde je součástí protoplazmy a je druhově specifický, je tvořen zejména lecitem, glyceridy, mastnými kyselinami a cholesterolem. A dále tuk zásobní, tvořený glyceridy vyšším mastných kyselin. Složení tuku, resp. spektrum mastných kyselin je ovlivněno řadou faktorů, vedle druhu ryby i podmínkami prostředí a výživou.

Podle struktury je možné lipidy rozdělit na jednoduché (mastné kyseliny, fatty acids – FA a volný cholesterol) a lipidy složené (esterifikovaný cholesterol, triacylglyceroly a fosfolipidy). Přestože jsou tuky z pohledu jejich struktury jednou ze složek lipidů, v běžné odborné literatuře je používáno označení lipidy a tuky jako synonymum. Tuky jsou estery glycerolu s mastnými kyselinami.



Mastné kyseliny jsou tvořeny různě dlouhým uhlíkovým řetězcem, jehož součástí mohou být dvojně vazby (nenasyčené mastné kyseliny, UFA – Unsaturated Fatty Acids). Pokud v řetězci dvojně vazby nejsou, jde o mastné kyseliny nasycené (SFA – Saturated Fatty Acids). Mastné kyseliny se od sebe liší počtem uhlíků v řetězci, nenasyčené pak i počtem dvojných vazeb a polohou první dvojně vazby od koncové metylové skupiny. Rybí tuk obsahuje FA s délkou uhlíkového řetězce od 14 do 24 °C.

Podle počtu dvojných vazeb se mastné kyseliny dělí na monoenoové (MUFA – Mono Unsaturated Fatty Acids) s jednou dvojnou vazbou (např. k. olejová 18:1 n-9), polyenoové (PUFA – Poly Unsaturated Fatty Acids) s více dvojnými vazbami (k. linolová 18:2 n-6) a vysoce nenasyčené (HUFA – Highly Unsaturated Fatty Acids) se třemi a více dvojnými vazbami (k.  $\alpha$ -linolenová 18:3 n-3). Označení skupiny (n-3, n-6, n-9) označuje polohu (pořadí) uhlíku s první dvojnou vazbou (na třetím, šestém, devátém).

Pro ryby jako poiklotermní živočichy je zastoupení nenasyčeným mastných kyselin s dlouhým uhlíkovým řetězcem v potravě esenciální. Složení rybího tuku je typické svou olejovitou strukturou, která je dána vysokým podílem nenasyčených mastných kyselin s dlouhým uhlíkovým řetězcem. Zastoupení těchto FA v tuku ryb je životně nezbytné, neboť mají nízký bod tání a proto jsou v tekutém stavu i při nízkých teplotách. Na úrovni buněčných membrán zajišťují jejich funkčnost i při teplotách blízkých se 0 °C. Proto ryby lososovité, jako studenomilné mají vyšší zastoupení PUFA a HUFA ve svém tuku a také mají vyšší požadavky na zastoupení těchto kyselin v potravě. V buněčných membránách převažují HUFA (DHA – dokosahexaenová 22:6 n-3, EPA – eikosapentaenová 20:5 n-3, ARA – arachidonová 20:4 n-6). Dále jsou tyto HUFA prekurzory eikosanoidů (ARA), účinných látek (prostaglandiny, tromboxany aj.), podílejících se v organismu na řadě klíčových biologických funkcí (dýchání, činnost srdce, imunoaktivita aj.).

Ryby mají biochemické mechanismy, kterými dokáží zvyšovat nenasyčenost FA (zvyšovat počet dvojných vazeb) a prodlužovat uhlíkové řetězce přijatých FA. To se děje v procesech označovaných jako desaturace a elongace. Nejsou však schopny měnit skupinu FA, tedy polohu první dvojně vazby. Ryby nejsou schopny syntetizovat kyselinu linolovou (LA) a  $\alpha$ -linolenovou (ALA).

Lososovité ryby vyžadují v potravě zastoupení mastných kyselin řady n-3. Krmivo pro pstruha duhového by mělo obsahovat ALA v množství odpovídající přibližně 20 % tuku v krmivu nebo 10 % HUFA n-3 (EPA a DHA), resp. 1–1,5 % 18:3 (n-3) a 1 % 18:2 (n-6) krmiva. Kapr obecně vyžaduje odpovídající směs 18:2 (n-6) a 18:3 (n-3), v poměru 1:1 až

1,5:0,5 a např. u *Tilapia zillii* je nezbytná pouze 18:2 (n-6). U sladkovodních ryb ovlivňuje složení FA v krmivu signifikantně spektrum FA tělních tkání.

Potřeba tuku v krmivech pro maximální růst pstruha duhového není přesně definována, ale zpravidla se uvádí rozpětí 18–22 % pro tržního Pd a 7–20 % pro plůdek. Obecně je u lososovitých ryb doporučována úroveň 7–30 % tuku v závislosti na druhu a věku ryb, teplotě vody a chovného cíle. Využívání energeticky bohatých krmiv vychází z poznání, že při vyšším obsahu tuku v krmné směsi je dosahována vysoká intenzita růstu i s nižším obsahem proteinů, důležitý je poměr stravitelné energie a stravitelného proteinu, a to pro každý rybí druh. Vyšší obsah tuku v krmivu ovlivňuje příznivě růst a konverzi živin, ale zvyšuje podíl vnitřnostního tuku (snižuje výtěžnost) a tučnost svaloviny. Vysoké množství tuku v krmivu omezuje příjem krmiva a zvyšuje nároky na obsah rozpuštěného kyslíku. Požadavky na obsah tuku dalších rybích druhů jsou zpravidla nižší. U kapra je zpravidla uváděno rozpětí mezi 8–10% (ne méně než 5 %), při chovu v oteplené vodě byla nejvyšší intenzita růstu dosažena při úrovni 17–18% tuku v krmné směsi. Při produkci např. percidů nebo reofilních ryb jsou využívány směsi s obsahem tuku do 10–16%. Nicméně důležitější než samotný obsah tuku v krmivu je poměr stravitelného proteinu (DP) a stravitelné energie (DE), nebo podíl neproteinové energie v krmivu.

Nedostatek esenciálních mastných kyselin se projevuje zvýšením mortality, depresí růstu, zhoršenou konverzí krmiva, výskytem deformací u plůdku, ztučněním jater, apatií a šokovými syndromy. U generačních ryb ovlivňuje i reprodukční ukazatele.

Sumárně lze význam tuků ve výživě ryb definovat následovně:

významný, dobře stravitelný a nejefektivnější zdroj energie, oxidací 1 g tuku je získáno přibližně 39 kJ

zdroj esenciálních mastných kyselin (EFA)

zdroj strukturálních složek buněčných membrán

prekurzory biosyntetizovaných účinných látek

donor látek rozpustných v tucích

zchutňující složka krmiva

Zdrojem tuku uloženého v organizmu jsou tuky přijímané v potravě, tuky produkované z přijatého proteinu a přijatých sacharidů. Zdrojem lipidů v krmivech bývá zpravidla rybí olej různého původu (součást rybí moučky, oleje z celých ryb, rybích vnitřností aj.), rostlinné oleje, lecitin (u mladších věkových kategorií), případně drůbeží tuk.

Jedná se o komponenty vysoce stravitelné, na úrovni přesahující až 90 %. Vzhledem k své struktuře však poměrně rychle podléhají oxidačním změnám, které způsobují jejich znehodnocení a mohou nepříznivě ovlivnit příjem krmiva i zdravotní stav. Z tohoto důvodu jsou do krmných směsí přidávány antioxidační látky, které tento proces zpomalují. Jedná se o látky přirozeného původu (např. vitaminy C a E, selen aj.) nebo syntetické (Ethoxiquin, BHT aj.). Snížit riziko rychlé oxidace tuků je možné i vhodným způsobem skladování. Pro ryby nejsou vhodné tuky teplokrevných zvířat s vysokým bodem tkání, které ryby špatně tráví a využívají a které mohou navíc i zhoršit stravitelnost ostatních živin.

V minulosti bylo základem tukování směsí pro ryby využití rybího oleje. Postupně s dramatickým zvyšováním jeho ceny a snižováním dostupnosti, došlo k postupné náhradě rostlinnými oleji. K tomu přispěla i jejich zvýšená nabídka, zejména jde o sojový, slunečnicový a řepkový olej, v menší míře pak olej lněný. Ten je v současnosti využíván zejména s ohledem na vyšší podíl  $\alpha$ -linolenové mastné kyseliny u některých z odrůd lnu. Nejčastěji je používána směs různých rostlinných olejů s určitým podílem rybího tuku. Jeho podíl odráží i cenu krmné směsi, zpravidla je obsažen ve směsích pro mladší věkové kategorie a v kvalitnějších dražších směsích.

## 2.3 SACHARIDY

Sacharidy jsou organické sloučeniny obsahující ve své struktuře uhlík, kyslík a vodík. Jedná se o v přírodě nejrozšířenější organické sloučeniny, vznikající v procesu fotosyntézy. Jsou označovány také jako cukry, glycidy, v minulosti pak uhlovodany nebo uhlohydráty. V krmivářské terminologii mezi sacharidy patří vláknina a bezdusíkaté látky výtažkové (BNLV). Sacharidy jsou podle vlastností a struktury děleny na mono až polysacharidy. Mezi významné polysacharidy pro ryby patří vláknina a škrob. V krmivu tvoří balastní část, důležitou pro naplnění zažívacího traktu.

Nutriční hodnota sacharidů je rozdílná pro různé druhy ryb. Teplomilné druhy ryb využívají sacharidy lépe než studenomilné. Protože mnoho druhů ryb je primárně karnivorních nebo omnivorních, sacharidy nejsou hlavním komponentem jejich krmiva. Některé rybí druhy, sladkovodní i mořské, jsou naopak specializovány na příjem rostlinného krmiva (herbivorní druhy), a mnoho druhů, včetně významných pro akvakulturu (*Tilapie* sp., kapr obecný, amur bílý), je schopno přijímat a trávit značné množství rostlinných komponentů. Vláknina je pro ryby nestravitelná a její vyšší množství, u lososovitých ryb nad 2,5 %, u kaprovitých nad 8 %, snižuje stravitelnost ostatních živin. V krmivech pro plůdek

dosahuje obsah vlákniny pouze několik desetin procenta (zpravidla do 1 %). Otázkou je u ryb její význam pro motoriku střev. Škrob je významným komponentem krmných směsí nejen svou energetickou hodnotou, ale pro svůj technologický význam při jejich výrobě. Pojivý účinek zmazovatělého škrobu zvyšuje stabilitu směsí ve vodě, jeho struktura po hydrotermické úpravě umožňuje navázat tuk a po ochlazení vytvoří stabilní strukturu. V moderních extrudovaných krmivech je využívána tato schopnost pro zvýšení obsahu tuku v krmných směsích (až na úroveň přes 25 %) bez rozpadání granulí.

Sacharidy jsou typické pro krmiva rostlinného původu a nejsou pro výživu ryb esenciální. Rostlinná krmiva však svou cenou zlevňují krmné směsi. Pro rybí organizmus jsou zdrojem energie, která se v organismu dočasně ukládá jako glykogen (živočišný škrob), a to v játrech a v menší míře ve svalovině, nebo ve formě tuku. Cukry se v těle ryb vyskytují kromě glykogenu ještě ve formě glukózy, která je pro živočichy zdrojem pohotové energie, a to v krvi a buněčném obsahu. Sacharidy mohou sloužit jako prekurzory pro syntézu neesenciálních aminokyselin a kyseliny nukleové.

Stravitelnost sacharidů závisí na jejich struktuře a rybím druhu, protože různé rybí druhy mají různou aktivitu amylytických enzymů. Lososovité ryby nemají v dostatečném množství obsaženu v trávicím traktu amylázu (tj. enzym štěpící škrob), proto je využití sacharidů u těchto ryb omezené. Tato limitovaná schopnost je důsledkem potravní evoluce, protože v přirozených podmínkách se lososovité ryby živí potravou na sacharidy chudou. Navíc nemají dostatek inzulínu, potřebného k využití a hospodaření se sacharidy. Neupravené sacharidy (škrob) lososovité ryby tráví na úrovni nižší než 50 %. Hydrotermická úprava (želatinizace škrobu) zvyšuje jejich stravitelnost u pstruha duhového o 10–15 %. Doporučený obsah neupravených sacharidů v krmných směsích pro pstruha duhového by neměl být vyšší než 12 %, obsah hydrotermicky upravených sacharidů do 20–22 %. V moderních extrudovaných krmných směsích pro lososovité ryby se pohybuje obsah upravených sacharidů v rozpětí 15–28 %. Při použití vyššího podílu stravitelných sacharidů v krmných směsích dochází u ryb ke zvýšení hmotnosti jater, změně jejich barvy (zesvětlení) a zvýšení obsahu glykogenu. Změna barvy jater je v tomto případě fyziologická, nejde tedy o chorobné změny způsobené zkrmováním nekvalitního tuku nebo bílkovin (nadměrné ukládání tuku, způsobující až tukovou degeneraci jaterního parenchymu).

Důležitým procesem sacharidového metabolismu ryb je glukoneogeneze, tedy tvorba glukózy z kyseliny mléčné nebo aminokyselin.

## 2.4 STRAVITELNOST ORGANICKÝCH ŽIVIN

Koeficient stravitelnosti živin je procentický podíl stravitelné živiny z celkového obsahu živin v krmivu. Jedná se o koeficient bilanční (zdánlivé) stravitelnosti živin. U ryb je pro hodnocení stravitelnosti živin využívána indikátorová metoda. Tato metoda eliminuje nutnost přesného zjišťování spotřeby krmiva a vyloučených výkalů, což by bylo u ryb velmi pracné. Zjistíme-li procentuální obsah nestravitelné látky – indikátoru v krmné dávce a ve výkalech, lze spočítat, kolik výkalů bylo vytvořeno z hmotnostní jednotky krmiva, jaký je poměr mezi množstvím krmiv přijatých rybou a množstvím vyloučených výkalů. Ve výkalech se vylučuje veškerý přijatý indikátor, z přijatých živin však jen živiny nestrávené. Jako indikátorů může být použito některé složky krmiva nebo externího indikátoru (komponenty ke krmivu záměrně přidané). Indikátory musí být nestravitelné a nesmí ovlivňovat trávení, zároveň musí být homogenně rozptýlitelné v krmivu. Z externích indikátorů je u ryb používán oxid chromitý ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) v koncentraci 0,1–1,0 % krmiva.

Stravitelnost živin v přijatém krmivu závisí na řadě faktorů. Významný vliv má struktura živin a intenzita metabolismu, ovlivněná zejména věkem ryby a faktory vnějšího prostředí. Jedná se zejména o teplotu vody, která ovlivňuje intenzitu metabolických procesů včetně rychlosti průchodu tráveniny zažívacím traktem a aktivity trávicích enzymů. A dále obsahem, resp. dostupností rozpuštěného kyslíku ve vodě, který limituje příjem a využití přijatého krmiva. S výjimkou sacharidů je využitelnost živin u lososovitých ryb srovnatelná s ostatními druhy ryb a s teplokrevnými živočichy. Stravitelnost proteinu (NL) činí 75–95 % a tuků ve formě rybího a rostlinného oleje 85–95 %. Sacharidy v nativní podobě tráví lososovité ryby (obecně všechny karnivorní druhy ryb) do 45–50 %, ale při hydrotermické úpravě (zpravidla extruzí) se stravitelnost u pstruha zvyšuje o 10–15 %. Stravitelnost sacharidů je v závislosti na jejich složení udávána v rozpětí od 40 % (nativní škrob) až po 99 % (glukóza).

Dosud známé koeficienty stravitelnosti dusíkatých látek, tuku a energie vybraných krmiv pro pstruha duhového jsou uvedeny v tabulce Tab. 7. Na základě těchto hodnot byl odhadnut obsah stravitelné energie (SE) pro pstruha duhového.

Tab. 7: Koeficienty zdánlivé stravitelnosti živin u ryb (model – pstruh duhový, Bureau a Cho 2002, upraveno Jirásek a kol. 2005).

Krmivo	Sušina	N-látky	Tuk	Energie
Vojtěška moučka	39	87		43
Krevní moučka válcově sušená	87	85		86
Krevní moučka sprejově sušená	91	96	71	92
Krevní moučka sušená ve spalínách	55	16		50
Pivovarské kvasnice	76	91		77
Kukuřice	23	95		39
Kukuřice glutenové krmivo	23	92		29
Kukuřice glutenová moučka	80	96		83
Kukuřice výpalky sušené	46	85		51
Pěřová moučka	77	77		77
Rybí moučka – herynek	85	92	71	91
Masokostní moučka	70	85		80
Drůbeží moučka	76	89	97	82
Řepkový extrahovaný šrot	35	77		45
Sojové boby plnotučné – vařené	78	96		85
Sojový extrahovaný šrot (HP)	74	96		75
Pšeničné odpady	35	92	94	46
Syrovátka sušená	97	96		94
Rybí protein – koncentrovaný	90	95		94
Soja protein – koncentrát	77	97		84

Stravitelnost jednotlivých živin ovlivňuje i celkově získanou energii z přijatého krmiva. Výpočet dle Steffense (1989) s využitím koeficientů stravitelnosti je uveden v další kapitole.

Výpočet stravitelnosti indikátorovou metodou:

$$\text{stravitelnost} = 100 - \frac{i_{krm} \cdot \check{z}_{vyk}}{i_{vyk} \cdot \check{z}_{krm}} \cdot 100$$

$i$  – obsahu indikátoru v sušině v procentech

$\check{z}$  – obsah živiny v sušině v procentech

$\text{index}_{krm}$  – v krmivu

$\text{index}_{vyk}$  – ve výkalech

## 2.5 ENERGIE

Energie je nezbytná pro zajištění všech životních pochodů a funkcí. Veškeré tělesné aktivity jsou spojeny s výdejem energie, a to nejen fyzický pohyb, ale i proces trávení, syntéza enzymů, výstavba tkání aj. Energie není živina a je získávána při metabolické oxidaci (spálení) organických živin absorbovaných z potravy nebo z energetických rezerv v těle ryby. Pro oxidaci je potřeba dostatek dostupného kyslíku rozpuštěného ve vodě. Zvýšená potřeba energie je projevem zvýšené intenzity metabolismu, projevující se zvýšenou spotřebou kyslíku. Proto se u ryb používá nepřímé stanovení intenzity metabolismu prostřednictvím

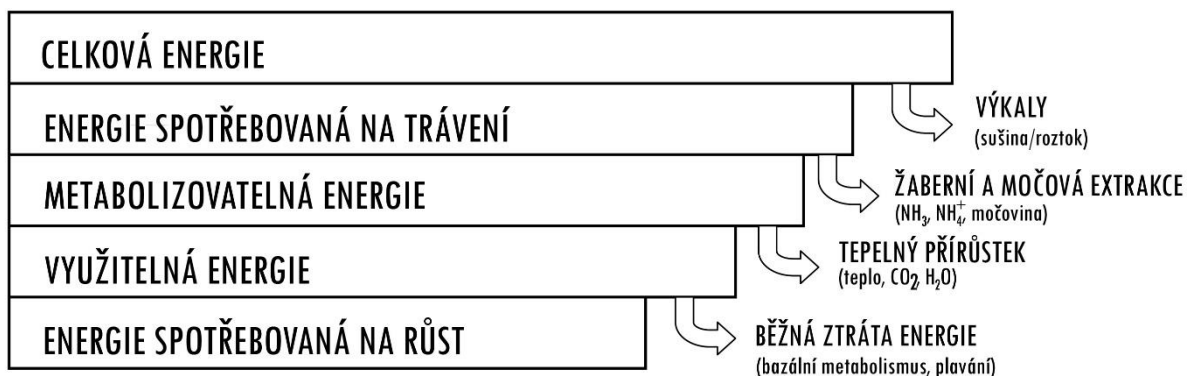
spotřeby kyslíku, resp. produkce oxidu uhličitého (bazální, rutinní a aktivní metabolismus). Potřeba energie je u ryb (i dalších vodních živočichů) ovlivněna různými faktory, včetně aktivity, růstu a reprodukce. Úroveň metabolismu se u ryb zvyšuje se zvyšující se teplotou.

Příjem a trávení přijaté potravy je spojeno se zvýšenou úrovní metabolismu, projevující se zvýšenou spotřebou kyslíku několik hodin po nakrmení. Tento nárůst se označuje jako SDA (Specific Dynamic Action), výše nárůstu a jeho časový průběh závisí na typu použitého krmiva a intenzitě krmení. Ke zvýšení spotřeby dochází bezprostředně po krmení s vrcholem zpravidla po 1–3 h a poklesem na původní úroveň po 5–8 h. Vyšší obsah energie v krmivu zvyšuje spotřebu kyslíku na její zpracování v zažívacím traktu. V případě nedostatku dostupného kyslíku dochází ke zhoršení využití krmiva, projevující se zvýšenou produkcí výkalů, snížením využití v krmivu obsažených živin, následně negativně ovlivňující konverzi krmiva, zvýšení nákladů a zhoršení kvality vodního prostředí (zatížení prostředí).

Někdy je energie označována jako nejdůležitější složka potravy, ryby přijímají potravu pro uspokojení svých energetických potřeb. Zdrojem energie jsou již uvedené organické živiny s různým energetickým ziskem (proteiny  $24 \text{ kJ.g}^{-1}$ , lipidy  $39 \text{ kJ.g}^{-1}$ , sacharidy  $17 \text{ kJ}^{-1}$ ). Energie je využívána v první řadě pro záchovné procesy a zbytek pro růst.

Energetický metabolismus ryb má ve srovnání s teplokrevnými živočichy řadu specifik a vyznačuje se nižšími ztrátami při metabolických procesech. Nižší ztráty jsou dány především následujícími faktory:

- ryby neudržují stálou tělesnou teplotu
- vydávají méně energie při příjmu a využití potravy
- ztrácejí méně energie při udržování tělesných funkcí, udržování polohy a pohybu ve vodě
- spotřebují méně energie pro syntézu a exkreci produktů dusíkového metabolismu.



Obr. 3: Využití přijaté energie (energetická bilance).

Pro výpočet obsahu energie v krmivu je využívána hodnota brutto energie (BE), pro hodnocení úrovně dostupné pak energie stravitelná (DE), nebo metabolizovatelná (ME). Zpravidla je používána hodnota DE, protože stanovení úrovně ME je u ryb metodicky velmi obtížné. Zisk energie z jednotlivých přijatých živin vychází z jejich množství v přijatém krmivu a jejich stravitelnosti. Pro odhad energie využitelné pro lososovité ryby a kapra je využíván výpočet podle energetických ekvivalentů. Obsah stravitelné energie v krmivu je vyjádřen v rovnici:

$$DE = 0,0168 * NL + 0,0335 * tuk + 0,0084 * BNLV \quad (\text{pro pstruha duhového})$$

$$DE = 0,0168 * NL + 0,0335 * tuk + 0,0147 * BNLV \quad (\text{pro kapra obecného})$$

Hodnoty koeficientů v rovnici vycházejí z předpokládané úrovně stravitelnosti živin a jejich energetické hodnoty.

U ryb připadá nejvyšší ztráta na energii obsaženou ve výkalech (10–40 % z BE), zatímco ztráty energie při branchiální a urinální exkreci činí pouze 8–12 % z DE (9–16 % z BE). Denní potřeba záchovné energie se při teplotním optimu pohybuje u ryb v rozmezí 40–100 kJ.kgW<sup>-0,8</sup>, což odpovídá jen 10–20 % potřeby energie u teplotokrevných zvířat stejné hmotnosti. Se zvyšováním hmotnosti se snižuje intenzita metabolismu na jednotku hmotnosti ryb. Metabolický exponent činí u sladkovodních ryb přibližně 0,8 a je označován jako metabolická hmotnost (W<sup>0,8</sup>). Při výpočtu je zadávána kusová hmotnost v kg. Při hmotnosti ryby 1 kg je její hmotnost rovna hmotnosti metabolické. Metabolická hmotnost je jednotkou, ke které se vztahuje nutriční a metabolická potřeba živin, energie a velikost krmné dávky. V praxi je krmná dávka počítána jako procentický podíl z hmotnosti ryb (tedy kg na 100 kg ryb).



V tabulce Tab. 8 je uvedena minimální denní potřeba DE a krmiva pro Pd při třech úrovních teploty.

Brutto energie (BE) je množství energie (tepla) uvolněného dokonalým spálením vzorku v kyslíkové atmosféře ve spalovacím kalorimetru za předepsaných podmínek.

Stravitelná energie (bilančně stravitelná energie, SE; digestible energy, DE) je brutto energie snižená o celkový obsah energie obsažený ve výkalech, a to včetně energie metabolického původu.

Metabolizovatelná energie (ME) je brutto energie přijatého krmiva, která se nevyloučila výkaly a močí.

Netto energie (NE) je metabolizovatelná energie, která nebyla ztracena v produkci tepla. Tato energie se rozděluje na netto energii pro záchovu a netto energie pro produkci.

Tab. 8: Minimální požadavky na denní dávku stravitelné energie (DE) a krmiva (%) pro pstruha duhového při třech teplotách (Cho 1992).

týden	5 °C			10 °C			15 °C		
	BW (g)	DE (kJ)	% BW	BW (g)	DE (kJ)	% BW	BW (g)	DE (kJ)	% BW
0	1			1			1		
1	1,2	0,33	1,93	1,4	0,68	3,98	1,7	1,04	6,14
2	1,4	0,37	1,82	1,9	0,85	3,56	2,5	1,45	5,17
3	1,7	0,42	1,73	2,5	1,05	3,22	3,7	1,94	4,47
4	1,9	0,46	1,65	3,3	1,28	2,95	5,2	2,50	3,96
5	2,2	0,52	1,58	4,2	1,52	2,72	7,0	3,14	3,55
6	2,5	0,57	1,51	5,2	1,79	2,53	9,2	3,85	3,23
7	2,9	0,63	1,45	6,4	2,09	2,36	11,8	4,65	2,97
8	3,3	0,69	1,39	7,7	2,40	2,22	14,9	5,53	2,75
9	3,7	0,75	1,34	9,2	2,75	2,10	18,5	6,50	2,56
10	4,2	0,82	1,29	10,9	3,12	1,99	22,6	7,55	2,40
11	4,7	0,89	1,25	12,8	3,51	1,89	27,3	8,69	2,26
12	5,2	0,96	1,21	14,9	3,93	1,80	32,6	9,92	2,14
13	5,8	1,03	1,17	17,3	4,37	1,72	38,5	11,23	2,03
14	6,4	1,11	1,14	19,8	4,85	1,65	45,1	12,64	1,93
15	7,0	1,19	1,10	22,6	5,35	1,59	52,4	14,14	1,84
16	7,7	1,28	1,07	25,7	5,87	1,53	60,5	15,73	1,77
17	8,4	1,37	1,04	29,0	6,42	1,47	69,3	17,42	1,69
18	9,2	1,46	1,02	32,6	7,00	1,42	79,0	19,20	1,63
19	10,0	1,55	0,99	36,4	7,61	1,37	89,5	21,08	1,57
20	10,9	1,65	0,97	40,6	8,25	1,33	100,9	23,05	1,51
21	11,8	1,75	0,94	45,1	8,91	1,29	113,3	25,13	1,46
22	12,8	1,86	0,92	49,9	9,61	1,25	126,6	27,30	1,42
23	13,9	1,96	0,90	55,0	10,33	1,22	141,0	29,57	1,37
24	14,9	2,08	0,88	60,5	11,08	1,18	156,4	31,95	1,33
25	16,1	2,19	0,86	66,3	11,86	1,15	172,8	34,42	1,30
26	17,3	2,31	0,85	72,4	12,67	1,12	190,4	37,00	1,26
27	18,5	2,43	0,83	79,0	13,51	1,10	209,1	39,69	1,23
28	19,8	2,55	0,81	85,9	14,38	1,07	229,1	42,48	1,19
29	21,2	2,68	0,80	93,2	15,28	1,05	250,2	45,37	1,17
30	22,6	2,81	0,78	100,9	16,21	1,02	272,6	48,37	1,14
31	24,1	2,95	0,77	109,1	17,17	1,00	296,3	51,48	1,11
32	25,7	3,09	0,75	117,6	18,16	0,98	321,4	54,69	1,09
33	27,3	3,23	0,74	126,6	19,18	0,96	347,8	58,02	1,06
34	29,0	3,38	0,73	136,1	20,24	0,94	375,6	61,45	1,04
35	30,7	3,52	0,72	146,0	21,32	0,92	404,9	65,00	1,02
36	32,6	3,68	0,70	156,4	22,44	0,90	435,7	68,66	1,00
37	34,5	3,83	0,69	167,2	23,59	0,89	468,0	72,43	0,98
38	36,4	3,99	0,68	178,6	24,77	0,87	501,8	76,31	0,96
39	38,5	4,16	0,67	190,4	25,98	0,86	537,2	80,30	0,94
40	40,6	4,32	0,66	202,8	27,22	0,84	574,3	84,41	0,92

BW – body weight

## 2.6 VITAMINY

Vitaminy jsou obecně definovány jako organické složky potravy nezbytné pro život, zdraví a růst a nejsou zdrojem energie. Někdy jsou označovány jako biokatalyzátory. Provitaminy jsou látky, které nemají biologickou aktivitu vitaminů, ale organismus je schopen z nich dané vitaminy vytvořit. Doposud je známo 14 vitaminů. Vedle vitaminů jsou chemicky definovány další látky s obdobným účinkem (myoinositol, L-karnitin a koenzym Q). Vitaminy jsou látky chemicky velmi rozdílného typu. Zpravidla jsou rozdělovány na rozpustné v tucích (liposolubilní), kam patří vitaminy A, D, E, K, a rozpustné ve vodě (hydrosolubilní) vitaminy skupiny B a vitamin C. Některé vitaminy se vyskytují v různých podobách (např. vitamin D). Vitaminy jsou nezbytné pro normální růst a vývin, metabolismus, biosyntézy účinných látek, reprodukci, udržení dobrého zdravotního stavu, imunitního systému a rezistenci.

Ryby obecně mají, ve srovnání s teplokrevnými živočichy, relativně nižší spotřebu vitaminů. Většina druhů si však potřebné vitaminy, s výjimkou vitaminu C, nedokáže syntetizovat (zejména raná stádia). Potřeba vitaminizace krmných směsí pro ryby se zvyšuje s intenzitou chovu, snižováním dostupnosti přirozené potravy a zvyšováním tlaku prostředí a chovu na organismus ryb (stresové faktory). Proto je potřeba stanovit minimální množství jednotlivých vitaminů v krmivu. Tři z vitaminů rozpustných ve vodě jsou potřebné ve výživě ryb ve vyšší dávce. Jedná se o vitamin C, cholin a inositol, jejich potřeba je vyšší než 100 mg na 1 kg krmiva. Potřeba vitaminů je ovlivněna rybím druhem, věkovou kategorií a systémem chovu. Je udávána buď v hmotnostních jednotkách (zpravidla mg) nebo v jednotkách vyjadřujících jejich aktivitu, tzv. mezinárodní jednotky (m.j.), a to na kg hmotnosti ryb. V běžné krmivářské praxi je potřeba vyjadřována v jednotkách (mg, m.j.) na kg krmné směsi nebo její sušiny. Podrobné údaje o doporučeném množství vitaminů pro vybrané druhy ryb jsou uvedeny v tabulce Tab. 6 a Tab. 9.

Tab. 9: Potřeba vitaminů pro lososovité ryby a kapra obecného (Halver a kol 2002, Příhoda 2006).

Vitamin	Pstruh <sup>a</sup>	Kapr <sup>a</sup>	Lososovité ryby <sup>b</sup>
Tiamin	10–12 mg	2–3 mg	10–20 mg
B <sub>2</sub> (riboflavin)	20–30 mg	7–10 mg	20–30 mg
B <sub>6</sub> Pyridoxin	10–15 mg	5–10 mg	10–15 mg
K. pantotenová	40–50 mg	30–40 mg	50–60 mg
K. nikotinová (niacin)	120–150 mg	30–50 mg	150–200 mg
K. listová (folacin)	6–10 mg	N	4–6 mg
B <sub>12</sub> (kyanokobalamin)	R	N	0,03–0,05 mg

Vitamin	Pstruh <sup>a</sup>	Kapr <sup>a</sup>	Lososovité ryby <sup>b</sup>
Myoinositol	200–300 mg	200–300 mg	300–400 mg
Cholin	2000–4000 mg	1500–2000 mg	1000–1500 mg
H (biotin)	1–1,2 mg	1–1,5 mg	0,8–1,2 mg
C	100–150 mg	30–50 mg	400–600 mg
A	2000–2500 m.j.	1000–2000 m.j.	12000–18 000 m.j.
D	2400 m.j.	N	2000–2500 m.j.
E	30 mg	80–100 mg	100–150 mg
K	10 mg	R	6–12 mg

<sup>a</sup>Halver a kol. 2002

<sup>b</sup>Příhoda 2006 (v 1 kg krmiva)

R – potřebný, bez znalosti úrovně, N – není známa potřeba

Vitaminy rozpustné v tucích získaných z krmiva si může organismus do určité míry ukládat v tukové tkáni, vitaminy rozpustné ve vodě nikoli. Proto u těchto vitaminů je nutné zajistit jejich téměř nepřetržitý příjem. U vitaminů rozpustných v tucích (A a D) se mohou objevit i tzv. hypervitaminózy, což jsou zdravotní problémy způsobené jejich nadbytkem. Vitaminy rozpustné ve vodě jsou při nadbytku z těla vyloučeny.

Nedostatek vitaminů nebo jejich nedostupnost v krmivu vyvolává stavy částečného nebo úplného nedostatku, označované jako hypovitaminózy a avitaminózy, projevující se zdravotními poruchami. Problémy nedostatku vitaminů se mohou projevit zejména v intenzivních chovech lososovitých ryb bez dostupnosti přirozené potravy, při použití kompletních krmných směsí s nevyváženým poměrem nebo nedostatkem vitaminů. Zdrojem vitaminů v krmných směsích mohou být použité komponenty. Tento zdroj je však nespolehlivý díky změně jejich kvality v průběhu roku, během skladování nebo úpravě krmiva. Vitaminy jsou citlivé na změny teplot, zejména na vyšší teploty, vlhkosti, podléhají oxidaci apod. Základem obsahu vitaminů v krmných směsích pro lososovité, resp. i další intenzivně chované rybí druhy, jsou doplňky vitaminů v podobě premixů (doplňky biofaktorů) aplikovaných do krmných směsí. Často to jsou premixy sestaveny jako směs vitaminů a minerálních látek, případně doplněných ještě o další aditiva (aminokyseliny, antioxidanty aj.), které se ve stanoveném poměru homogenně rozptýlí mezi ostatní komponenty. Premixy mohou obsahovat nosiče (vehikula) organického nebo anorganického původu, které slouží k ředění účinné látky tak, aby bylo umožněno její dávkování a dokonalé rozptýlení v krmné směsi. Podíl premixů zpravidla tvoří 0,1–2 % krmné směsi, s ohledem na rybí druh a věkovou kategorii. Tyto doplňky patří mezi tzv. nutriční aditiva a jsou sestaveny pro jednotlivé rybí druhy a jejich věková stádia, případně ještě upraveny pro různé podmínky chovu, fázi produkčního cyklu nebo pro generační ryby. Použití doplňkových látek se řídí

platnou legislativou. V současnosti jsou některé z vitaminů (např. vit. C) aplikovány v tzv. stabilizované formě, zabraňující jejich degradaci, vyplavení apod. Část vitaminů je degradována v průběhu výroby krmné směsi v procesu granulace, expandace nebo extruze. Proto je nutno do krmné směsi dávkovat takové množství vitaminů, aby byly splněny požadavky na jejich obsah v okamžiku aplikace rybám. Příklad složení premixu pro pstruha duhového je uveden v tabulce Tab. 10.

Tab. 10: Složení premixu určeného do krmiva pro pstruha duhového a kapra obecného (AMINOVITAN 2007).

Doplňkové látky + aminokyseliny	Pstružní plůdek a generační pstruzi	Tržní pstruzi
Vitamin A	3 000 000 m.j.	2 500 m.j. 000
Vitamin D3	600 000 m.j.	400 000 m.j.
Vitamin E (Alfa-tokoferol)	50 000 mg	30 000 mg
Vitamin K3	1 000 mg	1 000 mg
Vitamin B1	2 000 mg	2 000 mg
Vitamin B2	4 000 mg	2 000 mg
Vitamin B6	3 000 mg	2 400 mg
Vitamin B12	8 mg	5 mg
Niacinamid	20 000 mg	10 000 mg
Pantothenan vápenatý	10 000 mg	10 000 mg
Biotin	100 mg	50 mg
Kyselina listová	500 mg	500 mg
Cholinchlorid	100 000 mg	100 000 mg
Vitamin C	100 000 mg	100 000 mg
Inositol	100 000 mg	100 000 mg
L-lysin	160 g	80 g
DL-methionin	100 g	100 g
Kobalt	50 mg	50 mg
Měď	800 mg	800 mg
Železo	6 500 mg	6 500 mg
Jód	80 mg	80 mg
Mangan	8 400 mg	8 400 mg
Zinek	8 200 mg	8 200 mg
Selen	24 mg	24 mg
Antioxidant	10 000 mg	10 000 mg

Stručný popis významu jednotlivých vitaminů:

**Vitamin A** (axeroftol,retinol) má vliv na růst a vývoj (ovlivňuje metabolismus bílkovin, tuků a cukrů), stav epitelových buněk sliznic, včetně jejich protiinfekčních bariér, je součástí zrakového pigmentu rhodopsinu, významný pro zárodečný epitel. **Vitamin D** (kalciferol) ovlivňuje absorpci vápníku a fosforu, tvorbu kostní tkáně, biologicky účinný je

vitamin D<sub>3</sub> (cholerkarciferol) a D<sub>2</sub> (ergokalciferol). **Vitamin E** ( tokoferol) má antioxidační účinky, podporuje plodnost, ovlivňuje propustnost buněčných membrán, syntézu tuků a fosfolipidů, ovlivňuje využití vitaminů A a D. Vitamin K (filochinon, menachinon) ovlivňuje srážlivost krve.

**Vitaminy skupiny B** tvoří celou řadu vitaminů uplatňujících se při metabolických procesech, činnosti žláz s vnitřní sekrecí a nervové soustavy. **Vitamin B<sub>1</sub>** (tiamin, thiamin, aneurin) je důležitý při metabolismu sacharidů. Při nedostatku způsobuje zpomalení růstu, snížení příjmu potravy, poruchy nervového systému, křečovitě pohyby, svalovou atrofii, ochrnutí. **Vitamin B<sub>2</sub>** (riboflavin, laktoflavin) označovaný také jako růstový faktor, se podílí na metabolismu bílkovin a tuků. Jeho nedostatek způsobuje zpomalení růstu, hemoragie v očích a na různých místech těla, případně nekrózu žaber, skřelí a okraje ploutví. **Niacin** (kyselina nikotinová, nikotinamid, vitamin PP, vitamin B<sub>3</sub>) je významný pro energetický metabolismus, pro funkci trávicího ústrojí. Nedostatek se projevuje snížením příjmu potravy, zažívacími poruchami, zduřením žaber, zpomalením růstu a celkovou sešlostí. **Kyselina pantotenová** (vitamin B<sub>5</sub>) je nezbytná pro metabolismus živin. Při nedostatku se projevuje nechutenstvím, zažívacími poruchami, překrvením a zduřením žaber, zpomalením růstu, poruchami na kůži. **Vitamin B<sub>6</sub>** (pyridoxin) je nezbytný při přeměně aminokyselin a syntéze bílkovin. Nedostatek vyvolává nervové poruchy, poruchy dýchání, světlé skvrny na játrech, anemii, nechutenství, postupné hynutí. **Vitamin B<sub>12</sub>** (kyanokobalamin) jedná se o antianemický vitamin, nezbytný pro tvorbu červených krvinek, působí v metabolismu proteinů. Nedostatek se projevuje poklesem počtu červených krvinek a obsahu hemoglobinu, snížením příjmu a konverze krmiva, zpomalením růstu. **Kyselina listová** (folacin) je nezbytná při syntéze aminokyselin a nukleových kyselin. Nedostatek způsobuje snížení růstu, anémie, roztřepení ocasní ploutve.

**Biotin** (vitamin H) je nezbytný pro metabolismus všech živin. Nedostatek má za následek ztmavnutí kůže, opoždění růstu, snížení příjmu potravy, anemii. **Cholin** je spolu s PUFA součástí buněčných membrán a fosfolipidů, je významnou součástí lecitinu při metabolismu tuků. Jeho nedostatek vyvolává omezení příjmu potravy, ukládání tuku v játrech (až degenerativní změny), deformace kostí, pozastavení růstu, snížení konverze krmiva, krvácivost v ledvinách a střevech. **Myoinositol** (inositol) je součástí buněčných membrán a řady enzymů, podílí se na metabolismu FA a cholesterolu, důležitý zejména pro intenzivně rostoucí ryby. Nedostatek vede ke snížení růstu, omezení příjmu potravy, nekróze ploutví a anémii.

**Carnitin** (L-carnitine, L-karnitin) má význam pro nárůst svalové hmoty, nezbytný pro intenzivně rostoucí ryby. Lososovité ryby jej mimo intenzivní chovy získávají z masa jiných ryb, při vyšším podílu rostlinných komponentů se může projevit nedostatek.

**Vitamin C** (kyselina askorbová) se účastní na látkové přeměně proteinu a sacharidů, je antioxidantem, účastní se oxidoredukčních procesů v organismu, zvyšuje rezistenci.

Projevy nedostatku vitaminů jsou uvedeny v části zaměřené na nemoci alimentárního původu. Hypervitaminózy, které se mohou vyskytnout u skupiny liposolubilních vitaminů, nejsou u ryb příliš obvyklé. Mohou se vyskytnout např. při mnohonásobném (130násobném) překročení běžné úrovně obsahu vitamínu A. Nicméně, takové předávkování u krmných směsí nemůže být dosaženo. Vitamin A citlivý na vysokou teplotu a v průběhu výroby směsí a jejich skladování dochází k jeho rozkladu. Obdobně předávkování vitamínem D<sub>2</sub> bylo dosaženo jen v provedených experimentech zaměřených na dosažení hypervitaminózy. Naopak u vitamínu E, který uložen v tuku ve všech tkáních, není jeho předávkování zaznamenáno.

V souvislosti s vitaminy je nutno se ještě zmínit o antivitamínech. Jedná se o látky, které snižují nebo blokují účinek nebo dostupnost vitaminů. Podle jejich účinku je můžeme rozdělit do tří kategorií:

- látky vitaminy rozkládající (např. enzym lipoxigenáza způsobující rozklad karotenů, výskyt v surových sójových bobech; tiamináza štěpící vit. B<sub>1</sub>, vyskytující se v tkáních některých ryb)
- látky vytvářející s vitaminy pevné vazby, bránící jejich využití (např. prolin obsažený v semenech lnu, vytvářející s vitamínem B<sub>6</sub> biologicky neúčinný komplex)
- látky strukturou podobné vitaminům, vstupující namísto nich do metabolických reakcí a limitující tak jejich absorpci (využití např. při léčbě chorob)

## 2.7 MINERÁLNÍ LÁTKY

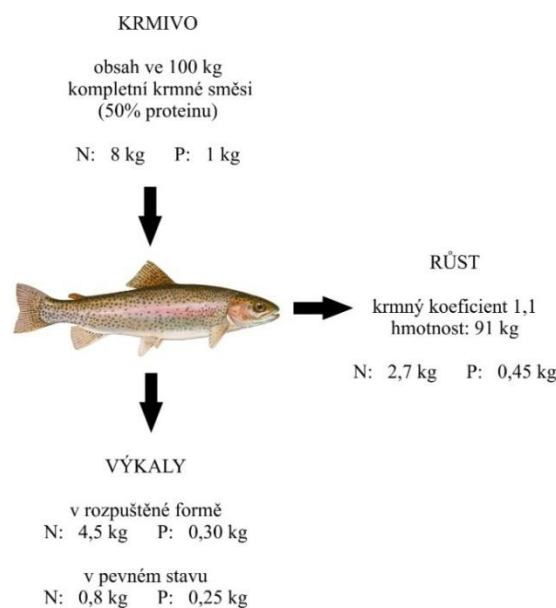
Všichni živočichové žijící ve vodě potřebují anorganické nebo minerální látky pro své normální životní pochody. Na rozdíl od suchozemských zvířat, mají ryby schopnost absorpce některých anorganických elementů z prostředí, ze sladké nebo slané vody. Mnoho esenciálních částic je nezbytných v tak malém množství, že je problematické stanovit jejich obsah v krmivu, aniž by se projevil jejich deficit.

Minerální látky jsou obsaženy v živočišném organismu v množství 3–5 % tělní hmoty a jsou v organismu nezastupitelné. Mají významný vliv na normální průběh metabolických

procesů, jsou nutné k výstavbě tkání, osmoregulaci a udržení acidobazické rovnováhy, ke správné funkci enzymů, hormonů atd. V případě nedostatku prvků v krmivu dochází k narušení rovnováhy v organismu. Do organismu se dostávají s potravou, kůží a žaberním aparátem. Problémy s nedostatkem minerálních látek v krmivu nebo jejich nedostupností se objevují jen v intenzivních chovech bez přítomnosti přirozené potravy. Minerální látky lze rozdělit podle jejich zastoupení v organismu a požadavků ryb na jejich množství na makroelementy (jejich potřeba je uváděna v g) a mikroelementy (potřeba v mg). Vápník, mangan, sodík, draslík, železo, zinek měď a selen jsou získávány z velké části z vody. Efektivnost získávání závisí na jejich obsahu ve vodním prostředí. Zdrojem fosforu a síry jsou především krmiva.

Mezi makroelementy (makroprvky) patří následující prvky: vápník (Ca), fosfor (P), hořčík (Mg), draslík (K), sodík (Na), síra (S) a chlor (Cl), které tvoří více než 99 % minerálních látek v těle ryb. Jejich množství je ovlivněno rybím druhem, mění se v průběhu roku i s věkem ryb, je ovlivněno potravou a prostředím, v němž ryby.

Mikroelementy (mikroprvky) jsou prvky, jejichž přísun je potřebný v malých, stopových množstvích. Mezi životně důležité patří železo (Fe), měď (Cu), zinek (Zn), mangan (Mn), kobalt (Co), jód (J), fluór (F), selen (Se), molybden (Mo) aj. Jejich význam je především v oblasti tvorby a funkčnosti enzymů, hormonů a vitaminů, funkci katalytické při metabolických a biosyntetických procesech, jsou součástí různých tkání.



Obr. 4: Distribuce fosforu a dusíku přijatého v krmivu.



Nejčastěji je v krmných směsích pro ryby sledováno zastoupení vápníku a fosforu. Zatímco potřebu Ca mohou z části krýt absorpcí z vody přes žaberní epitel nebo kůži, fosfor musí být obsažen v krmivu v biodostupné formě. Fytátový fosfor (obsažený v obilovinách) je pro ryby (zejména karnivorní) špatně využitelný, protože nemají dostatek enzymu fytázy. Pro ryby je nejvhodnější forma fosforu anorganická ve formě monokalciumfosfátu. V tabulce Tab. 11 je uvedena biodostupnost (% využití) fosforu pro pstruha a kapra při použití různých komponentů v krmné směsi. Potřeba fosforu pro pstruha duhového je přibližně 0,7-0,8 % krmné dávky, u kapra obecného pak 0,6 – 0,7 % (Jirásek a kol. 2005). Vyšší množství fosforu v krmivu zvyšuje ekologickou zátěž prostředí a přispívá k eutrofizaci vod (Obr. 4). Z tohoto důvodu musí být obsah fosforu v kvalitních krmných směsích nižší než 1,0 % jejich sušiny. Pro zlepšení využití fosforu z rostlinných komponentů je přidávána do krmných směsí pro lososovité ryby fytáza.

Tab. 11: Biodostupnost fosforu z různých druhů krmiv pro pstruha duhového a kapra obecného (Jirásek a kol. 2005).

<b>Ingredient</b>	<b>Pstruh duhový</b>	<b>Kapr obecný</b>
Rybí moučka	70–81	25
Kvasnice	91	93
Fytátový fosfor	0–18	8–38
Monokalciumfosfát	94	94
Dikalciumfosfát	71	46
Trikalciumfosfát	64	13

Význam a funkce jednotlivých prvků v organismu ryb je obdobný jako u teplokrevných živočichů. Vápník a fosfor patří mezi nejvýznamnější minerální látky pro stavbu těla ryb (kosterní soustava), společně se železem, fluórem a hořčíkem. Železo, kobalt a měď mají význam pro krvetvorbu a při jejich nedostatku se objevuje anemie. Sodík, draslík a chlór se podílí na osmoregulaci.

Při nedostatku některého z prvků se mohou objevit zdravotní problémy. Minerální látky jsou v organismu ukládány do zásoby a v době potřeby jsou uvolňovány a dopravovány v organismu na místo potřeby. Z tohoto důvodu nelze využít analýzu minerálních látek v plazmě (séru) pro určení jejich potřeby v krmivu, ale lze ji využít při hodnocení metabolických procesů v rybím organismu (toxikologické testy, environmentální podněty aj.). Některé minerální látky, zejména ze skupiny stopových prvků, mohou v nadbytku způsobit metabolické poruchy nebo působit toxicky. Nadbytek minerálních látek je vylučován močí,

výkaly, slizem, přes žaberní aparát a kůží. Některé z prvků však mohou být v organismu kumulovány a působit nepříznivě nejen na organismus ryby, ale i dále v potravním řetězci.

Množství minerálních látek potřebné pro normální růst a vývoj vybraných druhů ryb je uveden v tabulkách Tab. 6 a 12. Obdobně jako v případě fosforu je potřeba volit vhodnou formu (biodostupnou) zdrojů dalších minerálních látek v krmivu.

Tab. 12: Požadavky na minerální látky vybraných druhů lososovitých ryb, kapra obecného a tilapie (Halver a kol. 2002).

Druh	Vápník (%)	Fosfor (%)	Draslík (%)	Hořčík (%)	Železo (mg)	Měď (mg)	Mangan (mg)	Zinek (mg)	Jód (μg)	Selen (mg)
Pstruh duhový	–	0,6	R	0,05	R	3	13	15–30	1,1	0,15–0,3
Losos obecný	–	0,6	R	0,04	30–60	5	10	37–67	R	R
Kapr obecný	–	0,6–0,7	R	0,05	150	3	13	15–30	R	R
Tilapie	–	0,9	R	0,06	R	3,5	12	20	R	R

R – potřeba není stanovena

množství je stanoveno na procentický podíl, resp. mg nebo μg v kg krmiva

Dlouhodobě základním a vyváženým zdrojem minerálních látek v krmivu je rybí moučka, která je ovšem nejvýznamnějším zdrojem P, což jej jedním z důvodů omezování jejího podílu v krmných směsích. Optimalizace zastoupení minerálních látek v krmivu je prováděno prostřednictvím minerálních doplňků, dnes často ve formě premixů společně s vitaminy (Tab. 9).

## 2.8 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY

V krmivech využívaných v intenzivních chovech ryb, resp. v použitých komponentech různého (zejména rostlinného) původu, se mohou vyskytovat látky, snižující produkční účinnost krmiv, vyvolávajících dietetické poruchy až úhyn. Mohou navíc negativně ovlivňovat i kvalitu produkované potraviny. Tyto látky lze souhrnně označit jako antinutriční, mezi které patří celá řada nejrůznějších organických a anorganických látek. Antinutriční látky můžeme rozdělit podle různých schémat (podle jejich charakteru, podle jejich toxicity apod.). Mezi nejjednodušší patří jejich rozdělení na antinutriční látky kontaminující krmiva, dále vznikající jako produkty různých procesů probíhajících v krmivu nebo látky přirozeně se vyskytující v krmivech.

Mezi první skupinu patří kontaminanty různého původu ze skupiny radionuklidů, metaloidů nebo pesticidů. U ryb se objevují v přirozených podmínkách v potravním řetězci nebo se mohou do chovného systému dostávat s přitékající vodou. V průmyslově vyráběných krmných směsích s kontrolou použitých komponentů je jejich přítomnost prakticky vyloučena. Z této skupiny se v krmivech mohou objevit mikrobiální kontaminanty, zpravidla spojené s použitím nekvalitních komponentů nebo nevhodným skladováním komponentů nebo krmných směsí.

Častější výskyt je možný u skupiny druhé. Sem patří produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů v krmivech. Jedná se zejména o rozkladném procesy jednotlivých složek krmiv (proteiny, lipidy), jejich oxidativní změny (zejména tuková složka u krmiv pro lososovité ryby s vysokým obsahem tuku a podílem PUFA) nebo mikrobiální rozklad a tvorba mykotoxinů. Jejich výskyt je vázán zpravidla na nevhodný způsob a délku skladování (teplota, vlhkost), nízký obsah antioxidantů apod.

Samostatnou a u ryb velmi významnou skupinou jsou antinutriční látky přirozeně se vyskytující v krmivech. Jedná se často o složky rostlinných komponentů používaných pro zlevnění krmných směsí. Běžně se vyskytuje netoxická vláknina, která však u ryb negativně ovlivňuje stravitelnost ostatních živin, dále kyselina eruková, vyskytující se v řepce, rostlinné glykosidy (glukosinoláty), kyselina fytová, hemoaglutininy, gossypol, inhibitory enzymů a antivitaminy.

Tab. 13: Antinutriční látky přirozeně se vyskytující v komponentech využívaných do krmných směsí pro ryby (NRC 2011).

<b>Komponent</b>	<b>Antinutriční látky</b>
Sójová mouka	Inhibitory proteáz, lektiny, kyselina fytová, saponiny, fytoestrogeny, antivitaminy, fytosteroly
Řepka	Inhibitory proteáz, glukosinoláty, třísloviny, kyselina fytová
Lupina	Inhibitory proteáz, saponiny, fytoestrogeny, alkaloidy
Fazole	Inhibitory proteáz, amyláz a lipáz, lektiny, kyselina fytová, saponiny, fytoestrogeny, antivitaminy, fytosteroly
Hrách	Inhibitory proteáz, lektiny, třísloviny, kyselina fytová, saponiny, antivitaminy,
Slunečnice	Inhibitor proteáz, saponiny, inhibitor arginázy
Vojtěška	Inhibitor proteáz, saponiny, fytoestrogeny, antivitaminy
Sezamová mouka	Inhibitor proteáz, kyseliny fytové
Syrové ryby	Tiamináza
Korýši	Chitin

Pro eliminaci přítomnosti a vlivu antinutričních látek v krmivech pro ryby je nutno používat komponenty bez těchto látek (např. vyšlechtěné odrůdy řepky, sóji, proteinové

koncentráty rostlinných komponentů apod.). Dále technologické postupy při výrobě krmných směsí, které zneutralizují jejich účinnost (např. teplota), přídavek antioxidantů, zvýšený obsah vitaminů, a v neposlední řadě dodržovat řádné podmínky skladování krmiv.

## 2.9 DOPLŇKOVÉ LÁTKY

Doplňkové látky (krmná aditiva) jsou někdy označovány jako nevýživné (nonnutritive ingredients, nonnutritive feed additives) komponenty krmných směsí. Jedná se o látky nebo přípravky se specifickými účinky, použité při výrobě krmiv za účelem dosažení lepší užitkovosti, zlepšení příjmu krmiva, zlepšení zdravotního stavu, stabilizaci krmiv a jejich ochraně před znehodnocením v průběhu skladování, vyšší kvality produktů a zlepšení životního prostředí. Jejich aplikace je vázána zákonem o krmivech a vyhláškou, upravující limity jejich použití, ochranné lhůty apod. Podmínky pro aplikaci aditiv podléhají relativně často změnám a je nutno sledovat platnou legislativu (v současnosti nařízení Evropského parlamentu „Register of Feed Additives 1831/2003“), navíc některé látky mohou aplikovat ve formě premixů jen registrovaní výrobci.

Podle směrnice EU jsou krmná aditiva rozdělena do různých kategorií, z nichž pro výživu ryb jsou významné následující:

- nutriční aditiva (vitaminy, provitaminy, stopové prvky, aminokyseliny apod.), dodávané do krmných směsí ve formě premixů (doplňků biofaktorů) pro jednotlivé druhy ryb a jejich věkové kategorie
- zootechnická aditiva – látky zvyšující užitkovost zvířat nebo příznivě ovlivňující životní prostředí (látky zlepšující stravitelnost živin, probiotika, enzymy – u lososovitých ryb fytáza, přídavky nebo extrakty z řas a netoxických sinic apod.)
- aditiva ovlivňující senzorické vlastnosti krmiv a živočišných produktů (atraktanty – kombinace aminokyselin, kvalitní rybí oleje, přídavky některých FA, látky ovlivňující barvu svaloviny nebo jiker – astaxantin apod.)
- technologická aditiva – antioxidanty (vit. E, etoxiquin, BHT, BHA – uvedeny na obalech krmiv včetně množství), pojiva (pro zlepšení soudržnosti pelet), konzervanty (u vlhkých nebo polovlhkých krmiv např. k. propionová, k. mravenčí), příp. u některých typů krmiv emulgátory pro zlepšení stravitelnosti tuku.

## 2.10 VÝROBA A ÚPRAVY KRMIV

„Sestavení a výroba krmiva je cvičení v kompromisu mezi ideálním a možným“ (Hardy a Barows 2002). Do tohoto kompromisu se promítají nutriční potřeby chovaných ryb, dostupnost a kvalita jednotlivých komponentů, jejich cena, vyrobiteľnosť krmiva a celá řada dalších faktorů. Cíl je jednoduchý, z dostupných surovin sestavit krmnou směs zajišťující rychlý růst ryb odpovídající kvality, s minimálním zatížením chovného prostředí. V podmínkách intenzivních chovů ryb dominují v současnosti kompletní suché krmné směsi, jejichž složení pokrývá nutriční požadavky konkrétního rybiho druhu, věkové kategorie a odpovídají podmínkám chovu. Krmiva obsahují živiny a energetické zdroje nezbytné pro růst ryb, jejich reprodukci a zdraví.

Výroba krmiv a jejich skladování je komplexní proces jednotlivých na sebe navazujících kroků. Mezi základní patří mletí komponentů, jejich smíchání, kondicionování, extruze nebo granulace, chlazení, případně prosívání a distribuce. Při výrobě starterových směsí se uplatňuje drcení a prosívání (crumbles), kdy se z pelet o velikosti 3 nebo 4,5 drcením získávají krmné částice menší velikosti. U těchto částic je při označení velikostní šarže krmiva označen nikoli jejich průměr, ale největší rozměr.

Na rozdíl od krmných směsí pro suchozemské živočichy, musí mít krmiva pro ryby minimální odrol a vysokou stabilitu ve vodě. Z tohoto důvodu jsou často součástí receptur komponenty zvyšující jejich stabilitu, látky s pojivým účinkem. Jedná se o přirozená pojiva (např. škrob, melasa), která se aktivují teplotou nebo tlakem. Ta jsou součástí směsí v podílu zpravidla 20–30 % v podobě obilovin, mouky apod. Dále pak pojiva bez výživného efektu, různé extrakty, pojiva rostlinného nebo živočišného původu, algináty, pojiva minerálního původu, syntetická pojiva. Jejich podíl se zpravidla pohybuje od 1 do 5%.

Ryby nejsou po celou dobu chovu (v průběhu technologického cyklu) krmeny stejnou směsí. Podle období chovu rozlišujeme směsi prestarterové (larval feeds), starterové (crumble), růstové (výkrmové) a „finišery“, což bývají směsi speciálně sestavené pro ovlivnění kvality finálního produktu (např. zbarvení svaloviny, ovlivnění spektra FA apod.) Vedle uvedeného rozdělení jsou vyráběny směsi pro generační ryby, dále medikované krmné směsi, kondiční krmné směsi apod. Trendem ve výrobě krmných směsí je snížení dopadu (impaktu) na prostředí. Tato krmiva jsou označována jako přátelská k prostředí (Environmentally friendly feeds). V posledních letech jsou nabízeny směsi určené pro recirkulační systémy, zohledňující nutriční požadavky ryb i bakterií biofiltru (např. krmiva

s označením ORBIT firmy BioMar), se snížením zatížení biofiltru dusíkem a organickými látkami.

Z pohledu technologie úprav se v produkci krmných směsí pro intenzivní chovy ryb uplatňují především tepelné (termické) nebo hydrotermické úpravy (kombinace tepla a vlhka). Jejich cílem je zvýšení stravitelnosti komponentů (zejména sacharidů – škrobu), snížení vlivu některých antinutričních látek, snížení ztrát krmiva změnou jejich vlastností (snížení odrolu), zvýšení obsahu tuku v krmných směsích jeho navázáním na strukturu škrobu. Úpravy krmiv jsou zaměřeny na zlepšení stravitelnosti škrobu a využití jeho vlastností pro zvýšení kvality krmných směsí. Vyššího stupně zmazovatění škrobu je dosahováno při teplotách 120–130 °C. Škrob v obilovinách začíná bobtnat při teplotě 50–60 °C, optimální teplota pro zmazovatění je 120 °C při vlhkosti 20 %. Kromě zlepšení stravitelnosti působí jako přirozené pojivo a vytváří matrix, do kterého se lépe naváží přidané tuky.

Krmné směsi pro ryby jsou vyráběny nejčastěji metodou granulace nebo extruze. Rozdíl mezi oběma metodami je teplota a vlhkost směsi při výrobě pelet (tvarovaných částic, obecně granulí), dále stupeň zmazovatění škrobu a maximální podíl tuku v krmné směsi. Granulace je metoda, při které je zpravidla přívodem páry do suché sypké směsi dosahována teplota kolem 80 °C po dobu 1–10 minut. Tato směs je protlačována přes matici s požadovanou velikostí otvorů, je upravována délka částic, dále ochlazována a sušena. Stupeň zmazovatění škrobu je na úrovni 15–30%, maximální obsah tuku na úrovni 8–12 % (při vyšším obsahu tuku dochází k rozpadu granulí). Vyšší množství tuku v krmivu je dosahováno povrchovým nástřikem na granule. Extruze patří mezi tzv. HTST (high temperature-short time) metody úprav, kdy vysoká teplota (převyšující až 100 °C) působí velmi krátkou dobu, zpravidla kratší než 1 minutu. Při výrobě krmiv pro ryby je používána vlhká extruze s vlhkostí směsi při výrobě 10–45 % při teplotě 60–160 °C. Stupeň zmazovatění škrobu se pohybuje na úrovni 80–100 % a maximální obsah tuku na 22–27 %. Materiál je při vysokém tlaku protlačen maticí, při výstupu z extrudéru dochází k jeho rozpínání, ochlazení a snížení vlhkosti. Výsledný obsah vody ve směsích se pohybuje na úrovni 4–8 %. Vyšší úroveň zmazovatění škrobu zvyšuje stabilitu krmiv ve vodě. Technologie extruze umožňuje výrobu pelet s rozdílnou specifickou hmotností od plovoucích až po rychle se potápějící. Další technologický termín, který se objevuje v souvislosti s výrobou krmných směsí, je toustování. Jedná se o krátkodobé působení (1–10 minut) teplot 140–160 °C, často doplněné mačkáním na vločky. Používá se zejména pro úpravu sójových. Pro dosažení vyššího obsahu tuku, je používána metoda jeho následného nástřiku na pelety ve vakuu (Coating, Top-Dressing). Následné tukování má ještě další efekty, např. aplikaci látek citlivých na vyšší

teploty v procesu extruze (enzymy, vitaminy, pigmenty) nebo je možné přidávat do oleje léčiva.

Krmné směsi jsou vyráběny podle požadavků Zákona o krmivech č. 91/1996 ve znění pozdějších změn a doplňků a příslušné prováděcí vyhlášky.

## **2.11 BALENÍ A DISTRIBUCE KRMIV PRO RYBY**

Krmné směsi jsou baleny pro běžnou distribuci zpravidla v plastových vacích (pytlích) s obsahem 20, nebo 25 kg (v minulosti až 50 kg) uložených na paletách. Směsi pro raná stádia (starterové směsi) jsou některými výrobci nabízeny v menších plastových nádobách s obsahem 1–10 kg. Pro velké farmy je uplatňována tzv. kontejnerizace krmiv, kdy je krmivo distribuováno v mobilních kontejnerech různé konstrukce o kapacitě 2–10 tun, nebo uložení krmných směsí v stacionárních zásobnících (silech) napojených na systém dávkování krmiva do jednotlivých chovných nádrží.

Z použité varianty systému balení a dopravy krmných směsí vychází technika jejich aplikace a použité zařízení nebo krmný systém. Zatímco u pytlovaných krmných směsí je využíváno ruční krmení nebo jednoduchá krmítka, např. krmítka s dotykovou tyčí, pásová krmítka s hodinovým strojkem apod., u velkoobjemových zásobníků zajišťují aplikaci krmiva speciální krmné systémy. Jedná se např. o systém SPOTMIX nebo Carp-feed.

## **3. KRMIVA PRO RYBY V PODMÍNKÁCH INTENZIVNÍHO CHOVU**

V intenzivním chovu ryb převládá použití kompletních krmných směsí vyrobených technologií extruze. Oproti dříve používané granulaci má extruze řadu výhod, zejména zlepšení stravitelnosti, snížení odrolu, zlepšení stability ve vodním prostředí a možnost vyššího podílu neproteinové energie. Krmné směsi jsou aplikovány ve formě tvarovaných částic (pelet, v češtině běžně označovaných granule) nebo drcených, velikostně tříděných částic (crumble). Ty jsou využívány zejména u drobných šarží (starterů) určených pro plůdek, kde výroba drobných pelet (ve velikosti až do 0,8–1,2 mm) by při použití matic s malými otvory byla ekonomicky (spotřeby a energie a opotřebení zařízení) příliš náročná. Nabídka tvarovaných částic nebo drcených pelet je u různých výrobců individuální. Tato krmiva svým složením pokrývají celé spektrum nutričních požadavků chovaných ryb s ohledem na jejich druh, věkovou kategorii a podmínky chovu. Jejich výhodou je snadná manipulace a aplikace,

garance použití kvalitních komponentů, stálá úroveň živin a energie, poměrně dlouhá trvanlivost, možnost výběru s ohledem na místní podmínky aj. Firmy zabývající se výrobou a distribucí krmiv navíc v současnosti nabízejí nejen krmiva, ale i doporučenou techniku krmení pro každé z nich a další servis zaměřený na optimalizaci výživy a další rozvoj chovu. Na českém trhu v současnosti dominují zahraniční firmy. V minulosti byly v ČR používány granulované krmné směsi pro pstruha duhového vyráběné na základě dvou schválených receptur s označením PD-1 (kompletní granulovaná směs pro odchov ročeků, případně remontních a generačních ryb) a PD-2 (určená k výkrmu tržních ryb). V případě kapra se jednalo o směsi s označením KPI a KPII.

Vývoj krmných směsí pro ryby je spojen s rozvojem jejich chovu a výživářského průmyslu obecně. Na základě rozvoje poznání z oblasti fyziologie ryb a jejich nutričních požadavků došlo k významnému posunu v jejich kvalitě. S vývojem krmiv došlo k výraznému zvýšení jejich produkční účinnosti projevujícím se zejména ve snížení hodnoty krmného koeficientu, zvýšení intenzity růstu a dobrým zdravotním stavem chovaných ryb, a to včetně kvality finálního produktu. Hodnota krmného koeficientu se snížila z původní 3–4 (šedesátá léta minulého století) na současnou úroveň kolem 1,0 (u špičkových směsí v optimálních podmínkách pod 0,8). Krmný koeficient na úrovni 1,0 je v současnosti v některých zemích považován za hranici prodejnosti krmných směsí.

Použití krmných směsí a náhradních krmiv v intenzivních chovech chyb vytlačilo využití přirozené potravy, která pro je podmínky intenzivního chovu nedostupná v požadovaném množství a představuje významné zdravotní riziko. V současnosti se s použitím přirozené potravy setkáváme pouze u drobných chovatelských objektů. K příkrmování plůdku lososovitých ryb (zejména pstruha obecného a lipana podhorního) je v kombinaci se starterovými směsmi využíván velikostně tříděný mražený zooplankton vhodné velikosti (Obr. 5). Mražený zooplanktonu snižuje, vedle zlepšení jeho dostupnosti v průběhu roku, zdravotní riziky vyplývající z možného přenosu původců onemocnění a parazitů. Z dalších zdrojů přirozené potravy lze jmenovat velikostně tříděné drobné ryby (např. *Pseudorasbora parva*), které jsou rovněž předkládány v mražené podobě jako doplněk ke kompletním krmným směsím při chovu generačních ryb, zejména pstruha obecného v rybnících. Přirozená potrava se podílí na výživě lososovitých ryb jako doplňkový zdroj při odchovu plůdku v různých průtočných systémech napojených na recipient s nabídkou této potravy a v klecových systémech chovu.





Obr. 5: Použití mraženého zooplanktonu při odchovu plůdku pstruha.

V minulosti byla často používána krmiva nebo krmné směsi využívající různé suroviny ze zpracování hospodářských zvířat a ryb, včetně jejich vnitřností a jatečných odpadů. K rozkrmování plůdku byla používána slezina nebo nastrohané srdce, v dalším chovu včetně chovu ryb generačních, pak směsi masa a vnitřností, mleté ryby a zbytky ryb po zpracování, zbytky po zpracování drůbeže. Specifickým krmivem je tzv. rybí siláž, vyráběná z jinak nevyužitelných ryb nebo zbytků ryb, které byly semlety, homogenizovány a konzervovány zpravidla kyselinou propionovou nebo mravenčí. Aplikace těchto krmiv byla prováděna v podobě polovlhkých směsí po jejich smíchání se suchými komponenty (pšeničná nebo sójová mouka, odroly z granulí, rybí nebo masokostní moučka apod.).

S polovlhkými směsmi (s obsahem vyšším než 30–35 %) se lze setkat v intenzivním chovu ryb na některých farmách zejména v zahraničí. Jejich příprava vychází z průmyslově vyrobené sypké suché směsi, která je zpravidla přímo na farmě doplněna směsí vody a oleje, případně vitaminovými a minerálními přísadami. Aplikována je ve formě hustého těsta do chovných nádrží. Směsi se připravují zpravidla denně čerstvé a jsou skladovány v chlazeném stavu. Jiným modelem jsou polovlhké směsi sestavené na bázi suchých komponentů a čerstvého rybího masa. S těmito se lze setkat v chovu lososovitých ryb poměrně zřídka, používají se zpravidla v experimentálních a poloprovozních podmínkách nebo jen v určité fázi chovu (např. adaptace na změnu podmínek chovu).

Spektrum krmiv povolených při výrobě krmných směsí pro hospodářská zvířata a ryby doznalo v reakci na veterinární podmínky Evropy (zejména výskyt BSE) po roce 2000 určitých omezení. Tato omezení se týkají krmiv živočišného původu. Další omezení jsou nebo mohou být spojena s omezením využití geneticky upravených organismů (GMO). Proto již jsou nebo budou sestaveny seznamy krmiv (komponentů), která mohou být použita k výrobě

krmných směsí pro jednotlivé druhy nebo skupiny zvířat. V ČR se jedná o prováděcí vyhlášku k zákonu o krmivech, vymezující v souladu s legislativou EU krmiva použitelná pro výživu hospodářských zvířat a ryb, resp. pro výrobu krmných směsí. Použita mohou být krmiva pouze zde uvedená.

### 3.1 ŽIVÁ POTRAVA

V podmínkách intenzivního chovu zcela dominují kompletní suché krmné směsi. Živá potrava se využívá zpravidla při počátečním odchov raných stádií ryb s nízkou úrovní vývoje zažívacího traktu a nízkou aktivitou trávicích enzymů.

Živá potrava tak tvoří spojení mezi endogenní výživou a příjmem potravy vodních organismů v komerčních akvakulturách. Tento druh potravy je nezbytný pro výživu larválních stádií řady druhů ryb. Výhody živé potravy ve srovnání s umělým krmivem je v jeho nutriční kompletnosti a menším znečištění prostředí. Srovnání vlastností živé potravy a starterových směsí provedli následujícím způsobem (viz Tab. 14) Jirásek a Mareš (2001).

Tab. 14: Rozdíly mezi živým zooplanktonem a suchou dietou (Jirásek a Mareš, 2001).

Zooplankton	Suchá dieta
Obsah vody 85–95 %	Obsah vody 8–10 %
100 % stabilita ve vodě	Omezená stabilita
Aktivní pohyb	Inertní částice bez pohybu
Možnost deformace při ingesci	Pevný tvar částic
Živiny v rozpustné a snadno asimilovatelné formě	Omezená biodostupnost živin (zejména proteinů)

V odchovu ryb se uplatňují i fytoplanktonní organizmy (chlorokokální řasy, chlorela, cyanobacteria apod.), často jsou využívány jako potravní základna organismů používaných ke krmení ryb. Ze zooplanktonu jsou zastoupeni nejčastěji vířníci (*Rotatoria*) např. rod *Brachionus*, již větší velikosti dosahují zástupci perlooček (*Cladocera*), z nichž jsou chovány především druhy rodu *Daphnia* a *Moina*. Masově je produkován pro potřeby krmení ryb korýš žábřonožka solná (*Artemia salina*), kdy jsou využívána především naupliová stadia (embrya). Je možné však ke krmení použít i dekapulovaná vajíčka (cysty). Cysty jsou komerčně prodávány a metodika jejich dekapulace a inkubace je běžně dostupná. Výhodou tohoto živého krmení, je jeho operativní získávání. Při dodržení podmínek inkubace jsou naupliová stadia k dispozici již po 24–36 hodinách od nasazení. Dalšími krmnými organizmy

jsou Protozoa, Oligocheata, Nematoda, Amphipoda, larvy ryb a jikry. Potravní organizmy jsou zpravidla pro podmínky intenzivních chovů produkovány ve speciálních zařízeních. Nutriční hodnoty vybraných druhů živé potravy je uvedena v tabulce Tab. 15

Tab. 15: Nutriční hodnota vybraných druhů živé potravy (Hertrampf a Piedad-Pascual 20003, Mareš 20062, Adámek a kol. 2010).

	<i>Daphnia magna</i> <sup>1</sup>		<i>Chironomus plumosus</i> <sup>1</sup>		<i>Artemia (nauplia)</i>	<i>Artemia (dek. cysty)</i>	<i>Moina sp</i> *	<i>Brachionus plicatilis</i> *
	ČH	Suš.	ČH	Suš.				
<b>Sušina (%)</b>	2,6		12,1		15,93 <sup>2</sup>	93,86 <sup>2</sup>	11,0–12,8 <sup>3</sup>	9,3–13,1 <sup>3</sup>
<b>Protein (%)</b>	1,2	39,2	7,6	55,7	55,8–71,4 <sup>2,3</sup>	47,5–54,58 <sup>2,3</sup>	67,8–78,2 <sup>3</sup>	60,3–67,2 <sup>3</sup>
<b>Lipidy (%)</b>	0,2	5,0	1,3	9,7	17,6–24,5 <sup>2,3</sup>	2,2–10,5 <sup>2,3</sup>	11,8–27,3 <sup>3</sup>	19,4–29,8 <sup>3</sup>
<b>Popel (%)</b>	0,4	14,6	1,1	8,2	10,0–12,7 <sup>2,3</sup>	4,8–15,3 <sup>2,3</sup>		4,9–7,5 <sup>3</sup>
<b>BNLV (%)</b>	0,8	27,3	2,1	26,4	9,72 <sup>2</sup>	41,98 <sup>2</sup>		
<b>BE (MJ.kg<sup>-1</sup>)</b>					21,8–24,8 <sup>2,3</sup>	19,20 <sup>2</sup>		21,7–25,5 <sup>3</sup>

\*hodnoty pocházejí z chovu potravních organismů, rozpětí v závislosti na použité výživě

Podmínky použití živé (přirozené) potravy v podmínkách intenzivního chovu mají svá přesná (a přísná) pravidla. S výjimkou průtočných žlabů používaných při odchovu raných stádií ryb a plůdku v provozních podmínkách některých chovů, využívajících přirozené zdroje povrchových vod, se nepoužívá např. živý plankton odlovený v běžných rybníčních podmínkách. To je spojeno s velkým zdravotním rizikem. Naopak standardem při používání živé potravy její produkce ve zvláštních systémech a zřízeních.

V určitém podílu je využívána konzervovaná potrava, tj. mražená, sušená nebo lyofilizovaná, u které je významně sníženo nebo eliminováno nebezpečí zavlečení parazitů nebo původců onemocnění. V případě použití nitěnek (Tubifex) nebo larev pakomára (*Chironomus plumosus*), jsou tyto organismy řadu dnů proplachovány bezpečným zdrojem vody. Obdobně jako u mražené potravy není zcela eliminován přenos původců onemocnění. Moderní recirkulační systémy s vysokou hustotou obsádky a nízkým průtokem jsou i přes zařazení desinfekčního zařízení optimálními podmínkami pro rozvoj a reinvaze parazitů a onemocnění. Důsledky jsou rychlé a fatální.

### 3.2 KRMIVA A KOMPONENTY KRMNÝCH SMĚSÍ

Kompletní krmné směsi používané v podmínkách intenzivního chovu ryb jsou sestavovány z jednotlivých komponentů, jejichž kvalita a složení závisí na původu (např. rybí moučky), druhu nebo odrůdě (obiloviny, len) technologii zpracování (teplota u rybí moučky) a skladování. V rámci jedné komodity jsou významné rozdíly, které ovlivňují produkční efekt použité směsi. Konkrétní údaje lze získat laboratorní analýzou jednotlivých živin,

v digitalizovaných databázích nebo v souhrnných odborných publikacích. V následující části jsou uvedeny pouze významné v současnosti používané komponenty krmných směsí. S nárůstem cen jednotlivých komodit, dochází k využití nových (netradičních) zdrojů živin. Zároveň se mění způsob sestavování krmných směsí na bázi obsahu jednotlivých živin (zejména bílkovin) a orientace je jednoznačně na obsah stravitelných živin a energie. V případě bílkovin na dostupnost a stravitelnost aminokyselin s použitím syntetických aminokyselin (aminobalance). V krmivech se objevují doplňky zlepšující stravitelnost jednotlivých komponentů a snižující dopad na životní prostředí.

### **3.2.1 Krmiva živočišného původu**

Rybí moučka patří k základním komponentům krmných směsí zejména pro karnivorní ryby. Obecně patří k nejkvalitnějším krmivům živočišného původu a je v krmných směsích např. pro lososovité ryby zatím nenahraditelná. Její kvalita je ovlivněna použitou surovinou a technologií výroby. Kvalitní jsou moučky z celých mořských ryb, rybí moučky s označením LT (low temperature) nebo světlá rybí moučka, vyrobené při nižší teplotě (zpravidla do 75 °C), jsou stravitelnější a používají se do krmných směsí pro plůdek nebo velmi kvalitních krmných směsí. Tomu odpovídá i jejich cena. Obsah dusíkatých látek se pohybuje v rozpětí 50–70 % (jejich stravitelnost přesahuje až 95 %), při obsahu tuku od 3,5 do 10 %. Rybí moučka má vyvážený obsah jednotlivých aminokyselin, jsou v ní zastoupeny veškeré esenciální aminokyseliny, tuková složka obsahuje EFA řady n-3 v množství 1–2,5 %. Dále je významným zdrojem minerálních látek, zejména vápníku a fosforu a vitaminů rozpustných v tucích (A a D). V krmivu působí, jako přirozené zchutňovalo. Zastoupení rybí moučky v krmných směsích se pohybuje v rozpětí 40–60 % ve startérových krmivech a na úrovni 30–50 % v krmivech pro tržní ryby. U omnivorních ryb je její podíl významně nižší. Zastoupení rybí moučky v krmných směsích je limitováno maximálním tolerovaným obsahem fosforu. Největšími producenty rybí moučky jsou Peru a Chile. Produkce rybí moučky v těchto zemích má klesající tendenci a z úrovně kolem 2,5 mil tun v roce 2005 poklesla na hodnotu přibližně 1,7 mil tun v roce 2009 s dalším poklesem kolem 1 mil tun v dalším roce. Tomu odpovídá nárůst ceny, která se zvýšila za posledních 10 let z kolem 800 USD za tunu na hodnotu převyšující 2 tis. USD za tunu jihoamerické rybí moučky. Obdobně klesající trend má produkce v Číně a severovýchodní oblasti Atlantiku. Přibližně 80 % světové produkce rybí moučky je využito na výrobu krmiv pro ryby.

Krevní moučka je v současnosti využívána pouze v krmivech pro ryby. Její zastoupení se pohybuje v rozmezí 2,5–12 %. Testováno bylo i použití krevní moučky na úrovni blízké se

30 % podílu krmiva, nebo ve spojení s drůbeží moučkou jako náhrada 75 % rybí moučky v krmných směsích pro pstruha duhového. Doporučené množství je na úrovni 5 % pro mladší jednice a 10 % pro jednice starší. Krevní moučka je vyráběna sprejově z vepřové krve. Patří mezi krmiva s nejvyšším obsahem NL (přes 80 %), významným zdrojem lysinu ale je deficitní obsahem metioninu, je zdrojem energie (BE kolem 20 MJ.kg<sup>-1</sup>), příznivý je i obsah železa, který pozitivně ovlivňuje krvetvorbu ryb a konzistenci a barvu výkalů (jsou kompaktní a tmavé). V současnosti je často používána do krmných směsí jako hemoglobinová moučka.

Sušené mléko bylo v posledních letech vytlačeno z krmných směsí sušenou syrovátkou. Jedná se o tzv. sladkou syrovátku, která je zbytkem po výrobě sýřeniny. Obsahuje mléčný cukr (BE 16–17 MJ.kg<sup>-1</sup>, SE pro Pd pouze přibližně 9 MJ.kg<sup>-1</sup>), z mléčných bílkovin jen albuminy a globuliny (obsah NL se pohybuje od 10 do 40 %). V krmných směsích se uplatňuje i díky svému neidentifikovanému růstovému faktoru. Pro praktické využití v akvakulturních dietách je doporučena úroveň 2,5 až 5 %. V krmivech pro lososovité ryby je obsažena v podílu kolem 5% u kapra na úrovni mírně převyšující 10 %. Při vyšším podílu je nutno počítat s doplněním deficitních aminokyselin.

Z dalších krmiv živočišného původu jsou v krmných směsích pro ryby používány moučky z mořských živočichů – krilová moučka, moučka získávaná po zpracování krevet a hlavonožců. Produkty ze zpracování měkkýšů jsou určeny spíše pro výživu korýšů než ryb. Použití mouček z korýšů omezuje vysoký obsah chitinu a popelovin, maximální doporučený podíl pro karnivorní ryby je do 20%, pro omnivorní pak do 10 %. Krilová moučka je zdrojem proteinů složením velmi podobným rybí moučce, navíc je významným zdrojem energie (15,2 MJ.kg<sup>-1</sup> DE), obsahuje významné množství karotenoidů a zvyšuje obsah fluoru ve svalovině krmných ryb. Moučky ze zpracování hlavonožců jsou považovány za vedle zdroje proteinů i za významné atraktanty. Historicky jsou jako významné krmivo uváděny kukly bource morušového, a to zejména pro kaprovité ryby.

Pro plůdek ryb jsou v některých startérových směsích využívány upravené rybí moučky v podobě hydrolyzované nebo enzymaticky upravené. Jedná se o úpravy nativní rybí moučky pro zvýšení stravitelnosti bílkovin. Obdobně hydrolyzát kaseinu pro larvální stadia kaprovitých ryb.

V minulých letech měla ve výrobě krmných směsí významné postavení moučka masokostní, získávaná po zpracování uhynulých zvířat a ze zbytků po jejich porážce, dále moučka drůbeží, vyráběná z odpadů po zpracování drůbeže, včetně peří, krve a kostí, pěřová moučka, krevní vločky aj. Zejména drůbeží moučka s podílem nenasycených mastných

kyselin v tukové složce příznivě ovlivňovala v chovu lososovitých ryb intenzitu růstu a konverzi krmiva.

Nezbytnou součástí krmných směsí jsou oleje živočišného původu. Důležitým aspektem jejich využitelnosti pro ryby je složení s podílem nenasycených mastných kyselin a nízkým bodem tání. Podíl tuku suchozemských živočichů v krmivech pro ryby by neměl být vyšší než 5–10 %. V současnosti má pro ryby největší význam rybí olej, dodávaný do krmných směsí často v kombinaci s olejem rostlinným. Důvodem pro aplikaci této směsi je její nižší cena ve srovnání s čistým rybím olejem a v řadě případů i pozitivní vliv na přírůstek ryb. Cena rybího oleje z jižní Ameriky za posledních 10 let vzrostla více než trojnásobně. V roce 2011 dosáhla úrovně kolem 2 tis. USD za tunu. Oleje kromě energie dodávají do organismu řadu funkčních komponentů, jeho složení tak má významný vliv na fungování organismu ryb. Jednotliví výrobci krmných směsí používají rybí oleje různého původu a kvality, rozdíl je i ve složení olejů používaných jedním výrobcem do různých krmných směsí. Vedle rybího tuku a rostlinných olejů se jako vhodná alternativa k částečné náhradě rybího oleje jeví drůbeží tuk, který pozitivně ovlivňuje růst studenomilných nebo teplomilných ryb. Jeho typickým znakem je vysoký podíl kyseliny linolové a vysoký obsah nenasycených mastných kyselin. Složení oleje ovlivňuje kromě jiného i spektrum mastných kyselin svaloviny ryb, tedy kvalitu rybího masa jako potraviny.

### **3.2.2 Krmiva rostlinného původu**

Význam krmiv rostlinného původu při výrobě krmných směsí pro intenzivní chov ryb v posledních desetiletích stále stoupá. Tato skutečnost souvisí se snižující se nabídkou rybí moučky a významným omezením možností využití dalších zdrojů živočišných komponentů. K tomu došlo po roce 2000 s problémem onemocnění BSE a zákazem využití masokostní moučky pro výrobu krmných směsí v Evropě. Obdobná situace je v hledání náhrady rybího oleje. Krmiva rostlinného původu jsou pro krmení některých skupin ryb, např. lososovitých nebo karnivorních obecně méně vhodná. Tvoří však základ krmných směsí pro ryby omnivorní a herbivorní. Jejich význam je v náhradě jiných zdrojů živin, ve snížení ceny krmných směsí, dodání sacharidů a jako technologický komponent. V krmných směsích pro lososovité ryby jsou zastoupeny v rozpětí od několika až do 40 % (výjimečně i více). Zpravidla jsou do krmných směsí používány mouky a šroty obilovin a luštěnin, pokrutiny a extrahované šroty olejnin a rostlinné oleje. Vedle často deficitní nutriční úrovně ve srovnání s živočišnými komponenty, krmiva rostlinného původu obsahují v řadě případů přirozené antinutriční látky omezující jejich příjem a využití.

Nejvýznamnější krmivem rostlinného původu je v současnosti sója. Je považována za nejvýznamnější zdroj oleje a bílkovin na světě. Mimo jiné je používána jako náhrada živočišného proteinu v krmivech pro ryby a další vodní organizmy. Sója je aplikována do krmných směsí v různé podobě. Od odtučněné sójové mouky, přes sójový šrot a sójové pokrutiny až po sóju toustovanou, případně sójoproteinový koncentrát, včetně sójového oleje. Sója má vysoký obsah dusíkatých látek, v rozpětí 40–50 % (mouka nebo šrot), přes 67–72 % (sójový proteinový koncentrát), až 90–92 % (sójový proteinový izolát), s velmi příznivým zastoupením aminokyselin. Pro ryby je deficitní obsahem metioninu. Obsah tuku je výrazně ovlivněn způsobem zpracování a pohybuje se od 1,5 do 20 %. Tepelným opracováním se snižuje hladina inhibitoru trypsinu, který snižuje stravitelnost proteinu. Podíl sójové mouky v krmných směsích se pohybuje u karnivorních ryb v rozpětí 5–15 % v závislosti na věkové kategorii, u omni a herbivorních ryb pak v rozpětí 10–30 %. Zastoupení sójové mouky v krmných směsích stoupá s rostoucí věkovou kategorií ryb (Tab. 16, dle Hertrampf a Pascual, 2000).

Tab. 16: Podíl sóji v krmných směsích pro různé věkové kategorie ryb (dle Hertrampf a Pascual 2000).

Skupina ryb	Starterové směsi	Růstové směsi	Finišery
	(%)	(%)	(%)
Karnivorní	5,0	10,0	15,0
Herbivorní/omnivorní	10,0	20,0	30,0

Tradičním komponentem krmných směsí pro ryby jsou produkty ze zpracování obilovin. Zpravidla se jedná o pšenici (nebo triticale), můžeme setkat i s použitím kukuřice. Do krmných směsí se používá mouka, obilné klíčky nebo gluten (lepek). Pšeničná mouka obsahuje 12–15 % dusíkatých látek a 3–4 % tuku. V krmivu má technologický význam (pojivová funkce), je zdrojem energie ve formě sacharidů, využitelných u omnivorních a herbivorních ryb. Pro využití karnivorními rybami musí dojít k narušení škrobových zrn, což zajišťuje extruze při výrově pelet, v omezené míře i granulace s použitím tzv. ostré páry. Neobsahuje veškeré EAA, deficitní lyzin, metionin, tryptofan. Pšeničná mouka je dále deficitní v obsahu vitamínu A a D a je považována za dobrý zdroj vitamínů B, případně E. Doporučené množství produktů ze zpracování pšenice do krmných směsí pro ryby je na úrovni 10–15 % mouky, 10–20 % šrotu a 2–5 glutenu.

V posledním desetiletí dochází ke zvyšování významu dalších krmiv rostlinného původu a jejich využití v krmných směsích pro ryby. Jedná se zejména o luštěniny a olejninu. Z luštěnin je využíván pro některé druhy ryb hrách a lupina (jedná se o tzv. sladkou lupinu). Ze skupiny olejin pak především řepka olejná, zpravidla v podobě extrahovaného řepkového šrotu.

Z dalších rostlinných komponentů jsou v krmných směsích pro ryby využívány slunečnicové pokrutiny, kukuřičný gluten, výpalky, fazole, mouka ze semen bavlníku nebo sezamu aj.

Z rostlinných olejů se uplatňuje v krmivech pro lososovité ryby kromě sójového oleje i olej řepkový, slunečnicový a lněný. Lněný olej vhodných odrůd na rozdíl od ostatních rostlinných olejů příznivě ovlivňuje poměr mastných kyselin řady n-3/n-6 ve svalovině ryb svým obsahem  $\alpha$ -linolenové FA.

Za zvláštní kategorii rostlinných krmiv lze považovat použití některých řas (např. chaluhy – kelp, chlorela) a sinic (spirulina, sinice jsou v současnosti řazeny mezi bakterie – cyanobacteria) v krmivech pro akvakulturu. Tyto komponenty jsou přidávány ve velmi malých dávkách, řádově desetin až několika procent, ve formě upravených buněk nebo extraktů. Vzhledem ke svým vlastnostem jsou některé z nich řazeny k imunostimulantům. V moderní výživě jsou některé z těchto organismů využívány jako nositelé např. minerálních látek, FA, barviv atd. V současnosti jsou rovněž testovány jako potenciální náhrada rybí moučky.

### **3.2.3 Krmiva mikrobiálního původu**

Pro krmné účely se průmyslově vyrábějí bílkovinná krmiva, jejichž podstatnou součástí je mikrobiální biomasa. Mikroorganismy produkované na různém substrátu se oddělí, zahustí a suší. Tato krmiva jsou označována jako krmné kvasnice, podle substrátu jsou dělena na etanolové a sulfidové. Jsou významným zdrojem proteinu, energie a vitaminů skupiny B. Z esenciálních aminokyselin obsahují nižší podíl metioninu. Pro lososovité ryby jsou doporučovány kvasnice etanolové s obsahem dusíkatých látek na úrovni 40–50 %. Do krmných směsí je zařazována do výše několika procent (5–10 %). Sušené kvasnice jsou nabízeny pod různými obchodními názvy (Vitex, Protibel aj.), v posledních letech jsou využívány i kvasnice pivovarské. Zvláštním produktem je extrakt z buněčného obsahu kvasnic *Saccharomyces cerevisiae*, tvořený směsí proteinů, vitaminů, nukleotidů a volných aminokyselin, využívaný pro zlepšení produkčních parametrů v chovu pstruha duhového a dekoračních ryb.



Biomasa kvasnic je pro svou jednoduchou stavbu bílkovinných struktur využívána ve směsích pro raná stádia ryb s nevyvinutým zažívacím traktem. Často je pro ně používáno označení SCP (single cells protein) proteiny.

Nezbytnou součástí krmných směsí je doplněk vitaminů, minerálních látek, případně syntetických aminokyselin a antioxidantů. Tyto látky jsou přidávány do krmných směsí ve formě premixů (viz předchozí text).

V souvislosti se snahou zlepšení využití aplikovaných krmných směsí, zvýšení jejich produkční účinnosti a snížení ztrát v intenzivním chovu ryb (zvýšení rezistence ryb) jsou do krmných směsí v současnosti zařazována tzv. probiotika. Jedná se o látky nebo mikroorganismy, které po přidání do krmiva přispívají k vytvoření příznivé mikrobiální populace v trávicím traktu. Zkušenosti získané v osmdesátých a devadesátých letech jsou v současnosti využívány v komerční výrobě krmných směsí pro lososovité ryby.

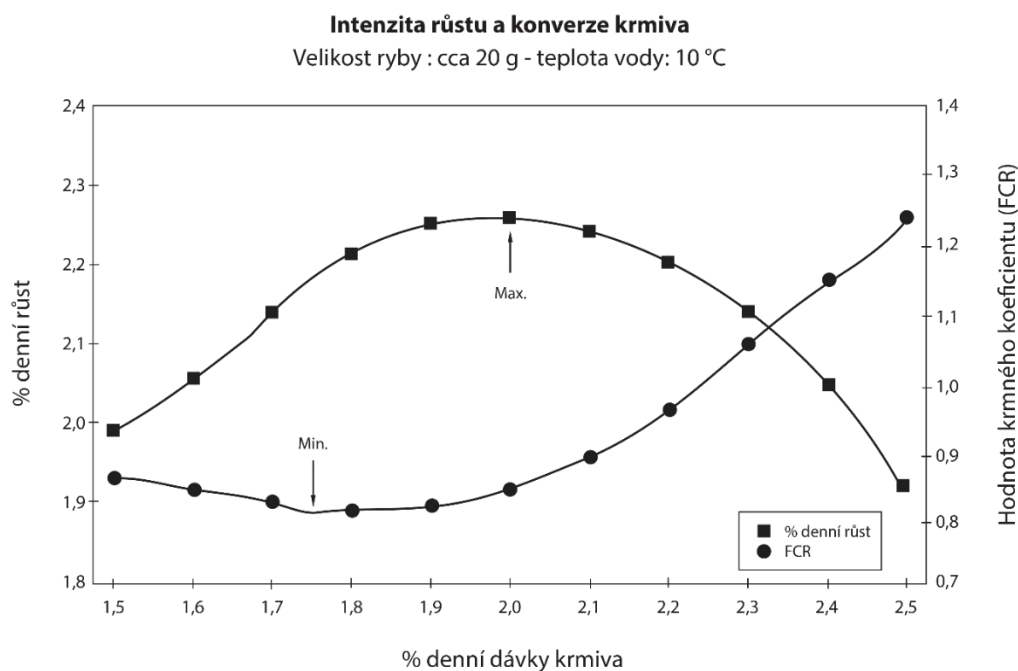
Při produkci lososovitých ryb, zpravidla pstruha duhového, je přidáván do krmiva pigment (karotenoid) astaxantin. Přídavek pigmentu způsobuje růžové až červené zbarvení svaloviny ryb (lososové zbarvení). Množství pigmentu ve svalovině je omezeno příslušným právním předpisem. Jeho množství v krmné směsi se pohybuje zpravidla v rozpětí 40–50 ppm ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), resp. 25–100 ppm, v závislosti na zvolené strategii. Aplikace upravené směsi se v závislosti na teplotě vody provádí po dobu 1–2 měsíců. Limitní hodnota podle legislativy platné v EU je v krmné směsi 100  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Při předkládání generačním rybám s vyvíjejícími se pohlavními produkty (jikrami) dochází k jeho ukládání v jikrách. Zde tento karotenoid, působící rovněž jako významný antioxidant, chrání zárodek před účinky UV záření.

## 4. KRMENÍ RYB

Krmná strategie v intenzivních podmínkách chovu, tj. volba krmiva, stanovení intenzity a frekvence krmení, způsobu a použité techniky, vychází vedle druhu a věkové kategorie chovaných ryb z chovného systému a intenzity chovu. Zatímco extenzivní a polointenzivní chovy vyžadují krmení jen doplňkově, intenzivní (průmyslové) chovy jsou produkčně postaveny výhradně na aplikaci kvalitních krmných směsí a vhodně zvolené technice krmení. Aplikace krmných směsí je prováděna několikrát denně, denní krmná dávka je stanovena na základě velikosti ryb a kvality prostředí (teplotě vody a množství dostupného rozpuštěného kyslíku). Podmínkou prosperity chovných systémů jsou kvalitní ryby v dobrém zdravotním a kondičním stavu, dostatek kvalitní vody a vhodné plnohodnotné krmivo. S rostoucí intenzitou chovu se zvyšují nároky na všechny uvedené aspekty prosperity.

Strategie krmení doporučená výrobcí krmiv je často zaměřena zejména na hodnotu krmného koeficientu. Lososovité ryby, zejména pstruh duhový, dosahuje nejlepší hodnotu krmného koeficientu ze všech zvířat, a to pod hodnotu 1 (<0,8). To znamená, že na 1 kg přírůstku spotřebuje i méně než 0,8 kg krmné směsi. Návody na krmení (denní krmnou dávku) jsou sestaveny tak, aby byl dosažen nízký krmný koeficient a přiměřený růst, zároveň však udávají i hodnoty denní krmné dávky pro optimální poměr mezi krmným koeficientem a intenzitou růstu.

Nízká krmná dávka znamená vysoký krmný koeficient, protože většina krmiva pokrývá pouze dávku záchovnou a pouze malá část je využita k produkci. Zvýšení krmné dávky sníží hodnotu krmného koeficientu až na minimum, kdy je dosažen optimální poměr mezi záchovnou a produkční dávkou, ale není využita růstová potence ryb. Další zvyšování způsobí zvyšování intenzity růstu i nárůst krmného koeficientu až do okamžiku, kdy ryby nejsou již schopny krmivo využít a růst je na maximu. Optimální denní krmná dávka vyjadřuje optimální poměr mezi hodnotou krmného koeficientu a intenzitou krmení (Obr. 6).



Obr. 6: Závislost hodnot intenzity růstu a hodnoty krmného koeficientu v závislosti na velikosti krmné dávky.

#### 4.1 VOLBA KRMIVA

Volba krmiva vychází z již zmíněných faktorů – rybí druh, věková kategorie a podmínky prostředí. Jednotliví výrobci v současnosti nabízejí kompletní krmné směsi pro konkrétní druh ryb a věkovou kategorii. V doporučené technice krmení pak ke každému

krmivu udávají velikost krmných částic v závislosti na velikosti a hmotnosti chovaných ryb. Dále uvádějí doporučenou výši krmné dávky v závislosti na teplotě vody a požadované množství kyslíku pro dokonalé využití krmiva. Nutno uvést, že většina výrobců krmiv pro lososovité ryby nabízí krmiva pro intenzivní chov pstruha duhového nebo lososa atlantického. Krmiva mají vysoký obsah proteinů a tuku a umožňují velmi rychlý růst při příznivé konverzi u těchto rybích druhů. Startérové směsi obsahují 55–60 % dusíkatých látek při 12–16 % tuku. S rostoucí velikostí ryb (i granulí) dochází k poklesu obsahu NL (48–44 %) a nárůstu tuku (20–22 %). Pro další chované druhy lososovitých ryb, které nejsou dlouhodobě šlechtěné v intenzivním chovu (např. pstruh obecný, lipan podhorní), mohou tato vysoce produkční krmiva způsobovat vývojové i zdravotní problémy, dochází k výskytu deformací, zaostávání vývoje za růstem, nadměrnému ukládání tuku, snížení příjmu potravy, zhoršení kvality pohlavních produktů.

Z těchto důvodů dochází k vývoji krmiv pro další druhy ryb a rozšíření spektra nabízených krmiv. To však zatím neplatí pro všechny výrobce. V rybářské praxi proto dochází k "naředění" uvedených krmiv. V odchovu plůdku lipana podhorního se tak uplatňují i kvalitní krmiva pro ryby kaprovité, s nižším obsahem NL (45 %) a tuku (10 %). Řada chovatelů používá směsi několika krmiv nebo příkrmování mraženým zooplanktonem. V současnosti není jednoznačně stanovena optimální úroveň živin a energie v krmných směsích pro jednotlivé druhy a věkové kategorie lososovitých ryb. Ale oblast poznatků z výživy se velmi rychle rozšiřuje. Pro optimalizaci spektra používaných krmiv v konkrétních podmínkách je potřeba provádět krmné testy.

Krmiva pro další rybí druhy, zejména kapra obecného nebo sumce velkého vycházejí z obdobných živinových úrovní, nicméně zpravidla obsahují méně energie a převažují v jejich receptuře rostlinné komponenty. Pro další rybí druhy, dnes populární ryby reofilní nebo okounovité, jsou využívány krmné směsi s úrovní dusíkatých látek 40–50 % a podobně jako u kapra s nižším obsahem energie, zejména v množství tuku, které nepřekračuje zpravidla 15 %. Nicméně např. pro sumce velkého lze bez problémů využívat směsi původně určené pro ryby lososovité.

V určité fázi chovu, obvykle v kategorii do stadia rychleného plůdku, lze bez větších problémů využívat starterové směsi určené pro ryby lososovité, obsah tuku v těchto velikostech nepřekračuje 12–15 %. Růstová krmiva již však vhodná nejsou, právě s ohledem na vyšší obsah tuku (převyšující 20 %). Zatímco např. u sumce velkého se nadměrné množství tuku a energie v krmivu projeví „pouze“ zhoršením jeho retence (viz kapitola Hodnocení krmiv), u dalších druhů může způsobit výrazné ztučnění svaloviny, vnitřností nebo

jater. Případně i zdravotní problémy nebo poškození ryb. Kapr reaguje výrazným ztučněním svaloviny. U reofilních druhů se může objevit deformace páteře. U okounovitých ryb, které mají omezenou schopnost ukládání tuku do svaloviny nebo podkoží, dochází k výraznému ztučnění jater až na hranici jejich funkčnosti.

Změna krmiva musí být provedena postupně, v průběhu několika dnů, aby se organizmus ryb adaptoval na nový druh krmiva. Obdobně i při změně velikosti krmných částí je vhodný postupný, alespoň třídní přechod. U drcených krmiv jsou zpravidla zastoupeny v určitém podílu i menší a větší částice.

Krmivo musí být rybám předkládáno ve vhodné velikosti. Velikost krmných částic musí odpovídat velikosti ryb. Maximální velikost je limitující u plůdku ryb při přechodu na exogenní výživu. Limitující není ústní otvor ale velikost jícnu. Pro počáteční odchov plůdku pstruha je doporučována velikost přibližně 0,3 mm, pro lipana podhorního velikost menší do 0,2 mm. Kapr vyžaduje velikost krmných částic do 0,1 mm, ještě drobnější na úrovni 0,07 mm pak candát obecný nebo lín, nicméně tyto druhy jsou v současnosti na počátku exogenní výživy odkázáni na živou, a tedy deformovatelnou potravu s velikostí potravních organismů kolem 0,15–0,2 mm. Pro sumce je možné použít velikost vhodnou pro lososovité ryby.

V dalším chovu příliš drobné částice způsobují vysoké energetické nároky na příjem dostatečného množství krmiva. Ryba musí přijmout více granulí a tím se zhoršuje poměr mezi energií vynaloženou na získání „sousta“ a jeho energetickou hodnotou. Příliš velké granule však mohou způsobit potíže při jejich příjmu, navíc dochází k výraznému snížení jejich počtu v krmné dávce. Díky tomu dojde i ke snížení počtu ryb, které je přijmou. Nejagresivnější ryby „sežerou“ všechny pelety. Část obsádky má krmiva nedostatek a část je překrmená. Zvýšení velikosti granulí o 1 mm, znamená snížení jejich počtu v jednotce hmotnosti řádově o několik desítek procent (Tab. 17). Velikostní struktura použitých krmných směsí v průběhu produkčního cyklu pstruha duhového je uvedena v tabulce Tab. 18.

Tab. 17: Vztah mezi velikostí ryb a vhodné zrnitosti použitých krmiv.

Velikost ryb		Velikost krmiva	Velikost ryb		Velikost krmiva
g	cm	mm	g	cm	mm
< 0,1	< 2	0,2–0,4	10–50	10–15	2,0
0,1–0,5	< 4	0,4–0,8	40–125	15–22	3,0–3,5
0,5–1	4–5	0,8–1,1	100–500	20–34	4,5–5,0
1–4	5–8	1,1–1,4	400–1.200	32–45	6,5–7,0
4–15	7–11	1,5–1,6	> 1000		9,0–10,0

Tab. 18: Velikostní struktura granulí a jejich podíl z celkového množství spotřebovaného krmiva pro pstruha duhového v produkčním cyklu.

Průměr granulí (mm)	Podíl z celkového množství krmiva (%)	
0,3–0,5	0,5	plůdek při rozkrmu
0,5–1	2,5	plůdek 0,2–1 g
1,2–1,8	14	plůdek 1,1–2,5 g
2	15	Pd <sub>1/2</sub> 2,5–5 g
2,5–3	17	Pd <sub>1/2</sub> –Pd <sub>1</sub>
4	20	Pd <sub>1-2</sub>
5	26	Pd <sub>2</sub>
7–8	3	Pd <sub>g</sub>
10–12	2	Pd <sub>g</sub>

Intenzita krmení je v současnosti pro každé krmivo doporučována výrobcem s ohledem na velikost chovaných ryb a teplotu vody. Je udávána v procentech hmotnosti ryb, tj. v kilogramech na 100 kg ryb. Denní krmná dávka vychází z energetické hodnoty krmiva (Tab. 19). Její výše je pouze doporučena a je nutno ji upřesnit (optimalizovat) podle konkrétních podmínek.

Tab. 19: Doporučené krmné dávky krmiv s rozdílnou úrovní energie a rozdílnou strategií intenzity krmení (model Biomar)

ECOLIFE 21 (22,0 MJ DE.kg<sup>-1</sup>)

Nejnižší možný krmný koeficient.

Velikost ryb		Velikost zrn krmiva mm	°C									
g	cm		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
40 – 125	15 – 22	3,0	0,65	0,79	0,94	1,10	1,26	1,40	1,51	1,55	1,47	1,22
100 - 500	20 – 34	4,5	0,44	0,54	0,64	0,75	0,86	0,96	1,03	1,06	1,01	0,84
400 - 1200	32 - 45	6,5	0,33	0,41	0,48	0,57	0,65	0,72	0,78	0,80	0,76	0,63

Optimální krmení (optimální poměr mezi krmným koeficientem a intenzitou růstu).

Velikost ryb		Velikost zrn krmiva mm	°C									
g	cm		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
40 – 125	15 – 22	3,0	0,77	1,03	1,36	1,77	2,23	2,73	3,17	3,37	2,98	1,34
100 - 500	20 – 34	4,5	0,51	0,68	0,89	1,16	1,46	1,79	2,08	2,21	1,95	0,88
400 - 1200	32 - 45	6,5	0,37	0,50	0,66	0,85	1,08	1,32	1,53	1,63	1,44	0,65

AQUALIFE 17 (19,3 MJ DE.kg<sup>-1</sup>)

Nejnižší možný krmný koeficient.

Velikost ryb		Velikost zrn krmiva	°C									
g	cm	mm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
40–125	15–22	3,0	0,73	0,89	1,07	1,25	1,43	1,60	1,72	1,76	1,67	1,39
100–500	20–34	4,5	0,50	0,61	0,73	0,86	0,98	1,10	1,18	1,21	1,15	0,95
400–1200	32–45	6,5	0,38	0,46	0,55	0,65	0,74	0,82	0,88	0,91	0,86	0,71

Intenzita příjmu potravy (intenzita metabolismu) ryb je rozhodujícím způsobem ovlivněna teplotou vody, přičemž každý rybí druh má své teplotní optimum. Lososovité ryby, jako ryby chladnomilné, mají toto optimum pod hranicí 20 °C. Pokles nebo i zvýšení teploty se projeví snížením intenzity příjmu potravy a tedy i úpravou krmné dávky. Spodní hranice příjmu potravy u lososovitých ryb je obecně velmi nízká (1–2 °C, až 4 °C). Horní hranice je limitována spíše obsahem rozpuštěného kyslíku a je druhově specifická.

Optimální teplotní rozmezí je udáváno pro jednotlivé chladnomilné druhy takto:

- Pstruh duhový 14–17 °C
- Pstruh obecný 12–16 °C
- Siven americký 12–14 °C
- Lipan podhorní 16–20 °C
- Hlavatka podunajská 12–16 °C
- Síh severní maréna 15–18 °C
- Síh peled' 14–21 °C

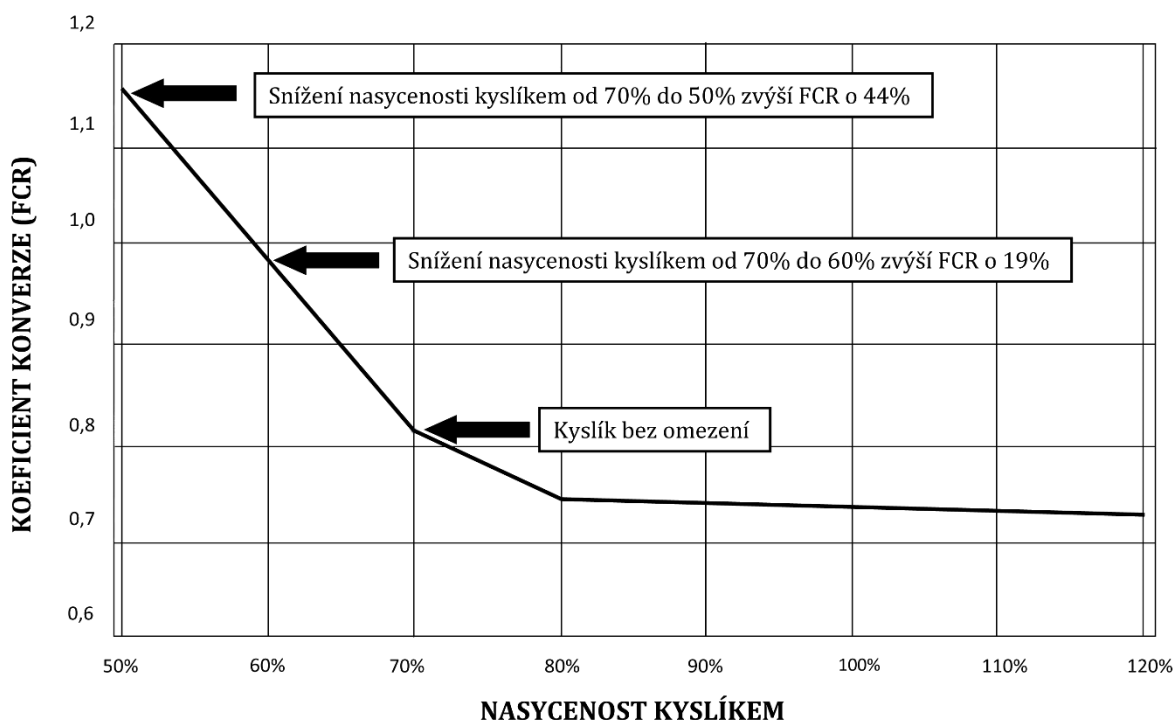
U teplomilných druhů je optimální teplota pro příjem a využití potravy na hranici vyšší než 20 °C. Je odlišné pro jednotlivé rybí druhy i věkové kategorie. Navíc je potřeba v chovu rozlišit teplotu pro maximální růst a teplotu, při které lze dosáhnout optimální poměr mezi intenzitou růstu a konverzí krmiva.

Optimální teplotní rozmezí pro jednotlivé teplomilné druhy:

- Kapr obecný 23–25 °C
- Lín obecný 24–26 °C
- Sumec velký 23–27 °C
- Candát obecný 22–23 °C
- Reofilní druhy 22–24 °C

Příkladem může být například sumce velký. Teplota pro maximální růst plůdku sumce je na úrovni kolem 30 °C. Nicméně při této teplotě je krmná dávka na úrovni téměř 400 % jeho aktuální hmotnosti, limitujícím se stává množství dostupné potravy. Benefitem chovu při této teplotě je eliminace výskytu obávaného onemocnění ichtyoftiriózou. V provozních podmínkách je využívána teplota nižší zpravidla 25–27 °C, s nižší krmnou dávkou. Komplikujícím faktorem právě při chovu sumce je jeho dravost a v případě delší přestávky mezi krmením (na úrovni 6–8 h) se výrazně zvyšuje riziko vzájemného napadání a vzniku kanibalizmu. Objevuje se zde tedy další faktor a to je frekvence krmení. U vyšších věkových kategorií tohoto rybího druhu je optimální teplota pro růst kolem 25 °C, ale optimální poměr mezi využitím krmiva (hodnotou FCR) a rychlostí růstu (SGR) je na úrovni přibližně o 2 °C nižší, tedy kolem 23 °C.

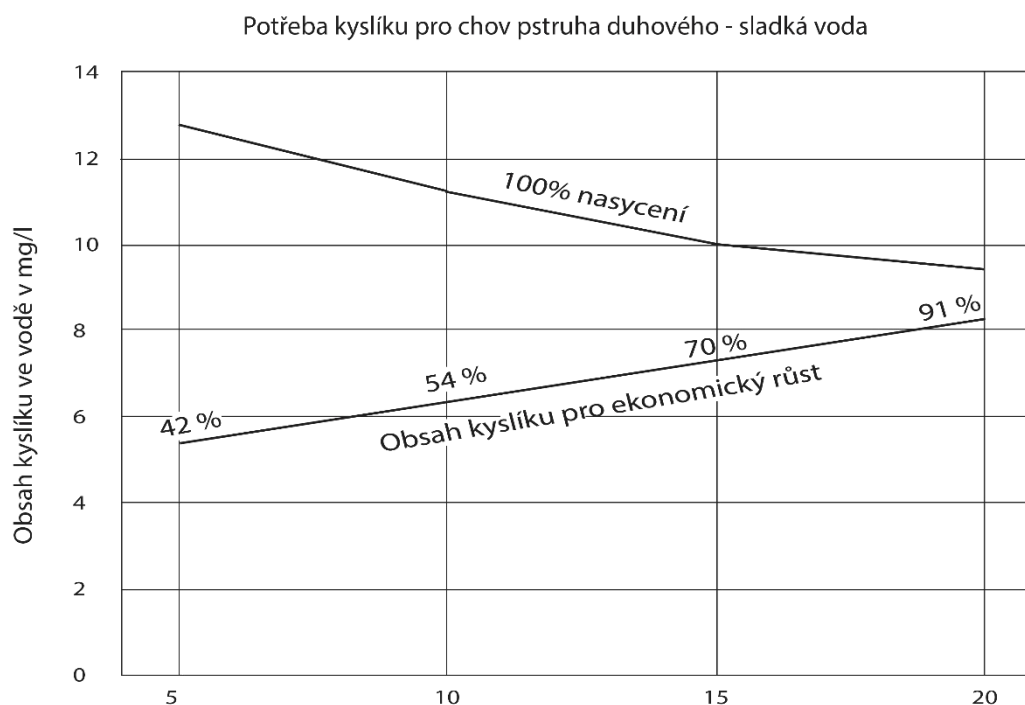
Nebezpečné jsou výkyvy teploty v průběhu dne, protože teplota vody ovlivňuje i aktivitu trávicích enzymů. Ryby přijímají potravu v teplejší vodě v průběhu dne, ale trávení se posune do nočních hodin, kdy pokles teploty tento proces zpomalí a může při vyšší dávce krmiva dojít k trávicím obtížím.



Obr. 7: Vliv dostupnosti rozpuštěného kyslíku na hodnotu krmného koeficientu.

Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě (množství dostupného kyslíku) je druhým významným faktorem ovlivňující příjem a využití krmiva (výši krmného koeficientu). Pro dokonalé využití krmiva je potřebný dostatek rozpuštěného kyslíku (Obr. 7). Z tohoto důvodu

řada firem dodávající krmiva udává i množství kyslíku spotřebovaného rybou při doporučené denní krmné dávce každého z krmiv. Se stoupající teplotou se zvyšuje aktivita (intenzita metabolismu) ryb a intenzita příjmu krmiva (další zvýšení intenzity metabolismu) a tím i spotřeba kyslíku. Při zvýšení teploty vody o 10 °C dochází k přibližně zdvojnásobení spotřeby kyslíku. Zároveň se stoupající teplotou klesá rozpustnost kyslíku ve vodě a jeho množství při 100% nasycení. V chovu pstruha duhového platí, že by v rozpětí optimálních teplot neměl, pro optimální využití krmiva, klesat obsah rozpuštěného kyslíku pod hodnotu 7 mg.l<sup>-1</sup>. Při zvýšení teploty na úroveň kolem 20 °C je potřeba více než 8 mg.l<sup>-1</sup>, což představuje nasycení vody kyslíkem více než 90 %. Při 5 °C je dostačující 45% nasycení (Obr. 8). Nakrmený pstruh duhový přežije při obsahu kyslíku na úrovni 5 mg.l<sup>-1</sup>, nenakrmený při 3,5 mg.l<sup>-1</sup>.



Obr. 8: Potřeba dostupného kyslíku při chovu pstruha duhového v závislosti na teplotě vody.

Obecně je v chovu lososovitých ryb požadováno nasycení vody kyslíkem na úrovni 80–85 % na odtoku z chovných nádrží. Všechny uváděné hodnoty se týkají obsahu kyslíku v nádrži s rybou nebo na odtoku z nádrže. Využitelný kyslík je dán rozdílem jeho obsahu v přitékající a odtékající vodě. Někdy je udáván nutný přítok do chovných nádrží s ohledem na množství rozpuštěného kyslíku v přitékající vodě. Snahou chovatelů je maximální přísun kyslíku do chovných nádrží. Proto jsou zařazena na přítok, případně i do nádrží, různá technická zařízení, zlepšující kyslíkové poměry v systému.





Obr. 9: Zařízení na zlepšení kyslíkových poměrů a krmítka v nádržích s chovem Pd.

U teplomilných druhů jsou obecně uváděné koncentrace obsahu kyslíku nižší, s výjimkou chovu candáta obecného, nicméně je potřeba si uvědomit, že je rozdíl mezi tolerancí k nižšímu množství kyslíku ve vodě a potřebná koncentrace pro optimální využití přijatého krmiva. K dobrému příjmu a využití krmné směsi v podmínkách intenzivního chovu je potřeba i u teplomilných druhů, včetně kapra obecného a sumce velkého, udržovat nasycení vody kyslíkem na úrovni kolem 75 %. Pokles této hodnoty nevyvolá přímé ztráty úhynem ryb, ale zvyšuje náklady chovu zhoršenou konverzí krmiva.

Výše denní krmné dávky vychází, jak už bylo zmíněno, z optimálního poměru mezi hodnotou krmného koeficientu (nákladová položka) a intenzitou růstu (produkce, resp. výnos). Takto stanovená intenzita krmení je označována jako regulované krmení. U plůdku se používá krmné dávky ad libitum, tedy množství krmiva, které ryby dokáží přijmout. V produkčním chovu je tato dávka neefektivní. Při udržování ryb v určité hmotnosti (např. před prodejem), tedy bez přírůstku, je používána dávka záchovná, což je množství krmiva pokrývající pouze dávku živin a energie na udržení životních funkcí. Takové krmení je rovněž neefektivní (pouze náklady, žádný výnos).

## 4.2 ZPŮSOB KRMENÍ

Způsob krmení musí odpovídat způsobu příjmu krmiva rybami. Většina druhů lososovitých ryb přijímá krmivo u hladiny a ve vodním sloupci. Obdobně i candát obecný.

Tomu odpovídá specifická hmotnost krmiva (pozvolna klesající nebo plovoucí) i tvar krmných částic (u starterových krmiv umožňuje jejich dočasné udržení na hladině). Cílem je tedy krmit tak, aby ryby byly schopny krmivo přijmout ve vodním sloupci. Krmivo ležící na dně je často ztraceno a navíc zhoršuje kvalitu prostředí. Ve velmi hustých obsádkách pohyb ryb omezuje vířením vody sedimentací krmiva. U některých chovatelů se můžeme setkat s přisazením jiného rybiho druhu, který přijímá potravu ze dna (např. jeseter sibiřský).

Další druhy chovaných ryb (sumec velký, ryby kaprovité) přijímají stejným způsobem krmivo po zahájení exogenní výživy, v průběhu přibližně dvou týdnů. Následně jsou schopny přijímat potravu i ze dna nádrží. Výjimku tvoří např. jeseteři, kteří vyžadují potravu u dna nádrží. Naopak filtrátoři (tolstolobik nebo veslonos americký) potřebují potravu ve vznosu ve vodním sloupci po celý život.

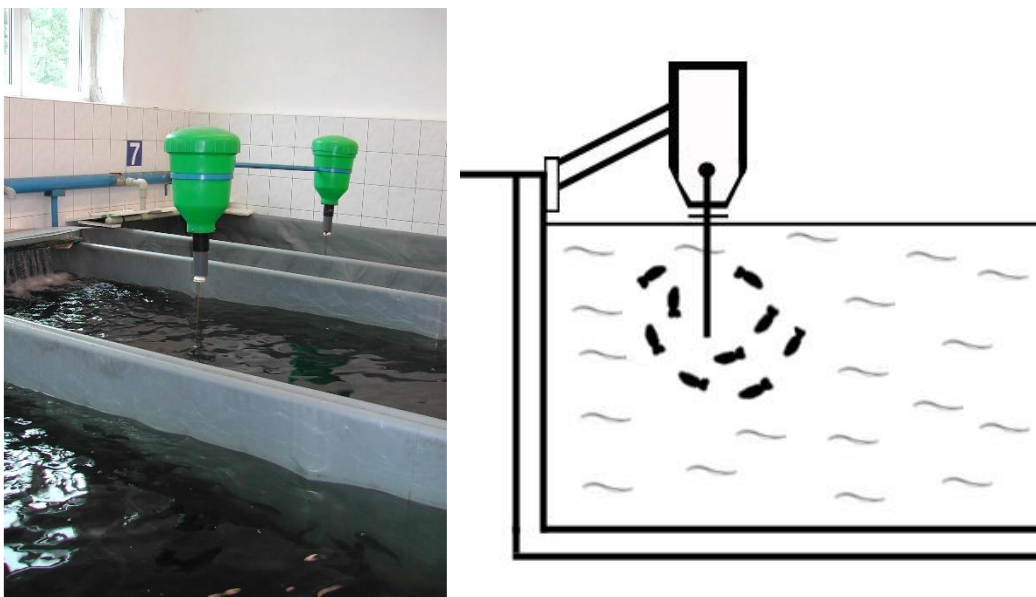
Krmení lze aplikovat dvěma způsoby, a to buď kontinuálně, nebo cyklicky. S použitím krmítek nebo ručně. Každý způsob má svá specifika, výhody a nevýhody.

Pro kontinuální krmení jsou využívány různé druhy krmítek a tento způsob krmení je využíván běžně při odchovu plůdku lososovitých ryb. Pro aplikaci krmiv je v ČR i zahraničí zpravidla využíváno pásové krmítko s hodinovým strojkem (Obr. 10).



Obr. 10: Použití pásového samokrmítka s hodinovým strojkem (dva různé modely)

Kapacita těchto krmítek je 3 nebo 5 kg krmiva s délkou aplikace zpravidla 12 h. Pro odchov starších věkových kategorií včetně ryb tržních se používají dotyková samokrmítka (krmítka s návadovou tyčí).

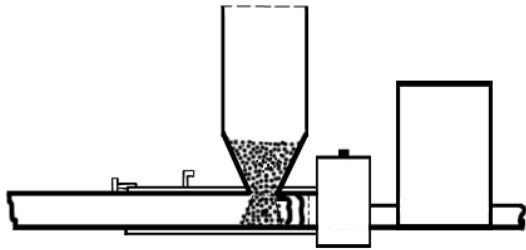


Obr. 11: Použití samokrmítka s dotykovou tyčí (foto a schéma krmítka)

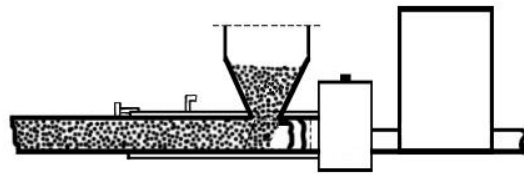
Principem těchto krmítek je uvolňování tvarovaného krmiva ze zásobníku prostřednictvím dotykové (návnadové) tyče. Ryby si po návyku samy pohybem této tyče aplikují na hladinu krmnou směs. Krmivo je do zásobníků těchto typů krmítek, s kapacitou 25–100 kg, doplňováno zpravidla jednou až dvakrát denně.



Obr. 12: Použití krmítka využívajícího stlačený vzduch.



Obr. 13: a Schéma klasického krmítka na stlačený vzduch – fáze 1

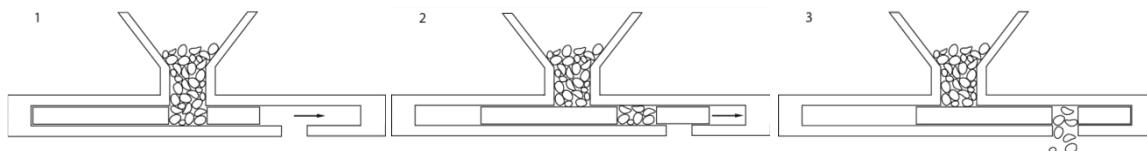


Obr. 13b Schéma klasického krmítka na stlačený vzduch – fáze 2

Krmení cyklické může být zajišťováno rovněž krmítky aplikujícími krmivo v předem stanovených dávkách a frekvenci. Krmítka nebo jejich celé systémy jsou založeny na principu časového ovládní dávkovacích mechanismů. V praxi je využívány celá řada různých krmítek. Krmivo je aplikováno např. stlačeným vzduchem (systém Clark, Ewos aj., Obr. 12 a 13), proudem vzduchu vytvořeným elektromotorem (např. krmítko firmy Bednář Olomouc obr. 14) elektromagneticky (Obr. 15), rotačním talířem (Obr. 16) nebo šnekovým podavačem (Obr. 17). Někdy se můžeme setkat i s kombinací různých typů krmítek na jedné nádrži (Obr. 18). Uvedená krmítka jsou vybavena vlastními zásobníky, které jsou jejich součástí a jsou doplňovány ručně nebo automaticky zpravidla jednodenní dávkou krmiva. U moderních krmných systémů, vybudovaných na farmách s vysokou produkcí, je doprava krmiva z velkokapacitních zásobníků (sil) do odchovných a chovných nádrží zajišťována automaticky. Centrální počítačový systém řídí dávkování krmných směsí do jednotlivých nádrží podle velikosti ryb, jejich počtu, teploty vody a hodnoty dostupného rozpuštěného kyslíku. Inteligentní systém je schopen, prostřednictvím dotace kyslíku, i optimalizovat kyslíkové poměry v jednotlivých nádržích.



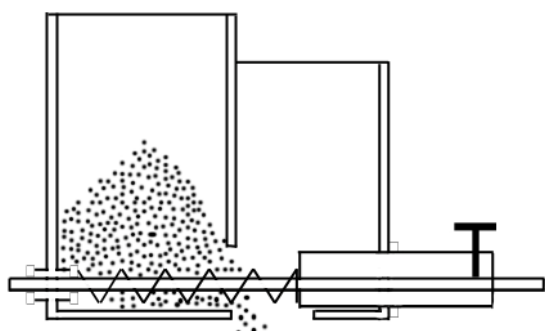
Obr. 14: Krmítko s elektromotorem.



Obr. 15: Schéma činnosti krmítka s elektromagnetem.



Obr. 16: Krmítko s rotačným diskem.



Obr. 17: Schéma krmítka se šnekovým podavačem



Obr. 18: Kombinace dvou typů krmítek.

Jako příklad centrálního krmného systému lze uvést zařízení SPOTMIX (např. fa. chovatele Rufa), používané v Německu a Rakousku, s pneumatickou dopravou tvarovaných směsí (Obr. 19).

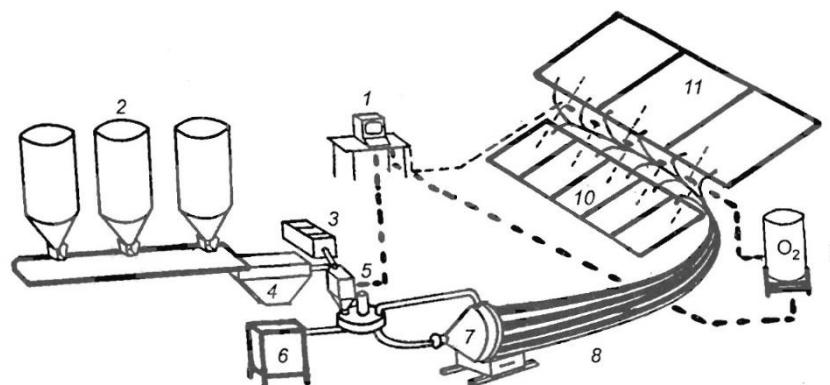


Schéma automatického zařízení k aplikaci krmiv v chovu pstruha duhového  
 1 – řídicí jednotka s počítačem, 2 – sila s krmivem, 3 – zásobníky na směsi pro plůdek,  
 4 – automatická váha, 5 – míširna, 6 – turbodmychadlo, 7 – rozdělovač krmných dávek,  
 8 – rozvodné potrubí, 9 – zásobník kapalného kyslíku, 10 – nádrže k odchovu  $Pd_1$ ,  
 11 – bazény k výkrmu  $Pd_1$

Obr. 19: Schéma krmného systému (dle Pokorný a kol., 2003)

Systém je vybaven výkonným turbodmychadlem, centrálním skladem krmiv (sila), počítačem napojeným na kyslíkové sondy a teploměry v chovných nádržích. Krmná dávka je automaticky upravována na základě hydrochemických parametrů. Přesnost dávkování je 10 g, 50 krmných míst, dopravní vzdálenost 400 m. Zařazení systému při výkrmu pstruha duhového zkrátilo dobu výkrmu z 24 na 15 měsíců a úsporu 10 % krmiv.

Cyklický způsob krmení je typický pro krmení ruční, kdy chovatel minimálně jednou, ale zpravidla několikrát denně, aplikuje stanovenou dávku krmiva do chovných nádrží. Při ručním krmení je krmivo dopravováno k nádržím buď pro každé krmení, nebo jsou u jednotlivých nádrží zásobníky různého typu. V těchto zásobnících je krmivo i na několik dnů. V praxi je důležité, aby nedocházelo vlivem klimatických poměrů ke znehodnocení krmiva v těchto zásobnících (teplota v tmavých nebo plechových nádobách letním obdobím může přesáhnout 50 °C).

Výhodou ručního krmení je pravidelný vizuální kontakt chovatele s rybou. Tak je umožněna vizuální kontrola příjmu potravy, bezprostřední reakce na změnu poměrů v nádržích nebo změnu chování ryb, která je prvním příznakem možných zdravotních problémů nebo problémů s kvalitou prostředí.

Nevýhodou ručního krmení je jeho časová náročnost, nízká produktivita práce a lidský faktor (nespolehlivost, chyby v dávkování aj.). S ohledem na umístění chovných objektů zde

může hrát vliv jejich dostupnost v průběhu roku. Výhodou chovatelských zařízení v ČR je poměrně vysoká odborná úroveň obsluhy.

S použitím krmítka je eliminován vliv lidského faktoru, ale ztrácí se efekt přímého kontaktu chovatele s rybou při každém krmení. Přímý kontakt je významný zejména při počátečním odchovu plůdku ryb. Aplikace krmiv pomocí krmítek zvyšuje produktivitu práce. Požadavky na použitá krmítka jsou naprostá spolehlivost za všech klimatických podmínek, přesnost a regulovatelnost dávkování, dokonalé vyprazdňování a neznehodnocování krmiva.

Pro zajištění dokonalého krmení všech chovaných ryb je nutno zabezpečit dostatečnou kapacitu krmných míst, tedy dostatek krmítek. Jejich počet závisí na typu nádrže, počtu a velikosti ryb, teplotě vody a typu krmítka. V chovu pstruha duhového se počítá, že jedno automatické krmítko s vystřelováním granulí zajistí krmení pro 5–10 tis. ks Pd<sub>1</sub>–Pd<sub>4</sub>. Při použití krmítka s dotykovou tyčí se uvádí přibližně 2–3 tis. ks ryb stejné kategorie.

V chovatelské praxi se běžně setkáváme s kombinací obou způsobů aplikace krmiv. Např. při odchovu plůdku je využíváno zpravidla krmítko s hodinovým strojkem a minimálně jednou denně obsluha prokrmuje ručně prostor mimo krmítko. Místo pod krmítkem obsadí nejagresivnější jedinci, kteří zabrání přístupu ostatních. Velkou část krmiva zkonzumuje tato část obsádky a dochází i v rámci jednoho odchovného žlabu k výraznému rozrůstání ryb. Extrémně se tato skutečnost projevuje při odchovu v rybnících, kde se u krmítka zdržuje stále stejná ryba, která prakticky toto místo neopouští.

### **4.3 SPECIFIKA VÝŽIVY A KRMENÍ RANÝCH STÁDIÍ RYB**

Jako raná stádia je zpravidla označováno vývojové období od zahájení exogenní výživy do dosažení juvenilního stupně vývoje. Obvykle jsou ryby v tomto stádiu označovány jako larvy, nebo larvální stádium s nedokončeným vývojem. Larvální periodě předchází období endogenní výživy. Je různě dlouhé v závislosti na druhu ryby, delší je zpravidla u lososovitých ryb, naopak krátké u ryb kaprovitých nebo teplomilných. To je dáno velikostí jikry, ze které se líhne larva s různě velkým žloutkovým váčkem. Množství a kvalita živin v něm uložených pak podstatně ovlivňuje vývoj a růst vykulených larev. Existuje přímý vztah mezi úrovní výživy generačních ryb, kvalitou jejich pohlavních produktů, obsahem a velikostí žloutkového váčku larev a jejich životaschopností. Vyčerpání žloutkových rezerv a přechod z endogenní na exogenní výživu představuje v ontogenezi larvy kritickou fází.

K základním faktorům ovlivňujícím proces příjmu a využití potravy (digesce) patří anatomická stavba trávicího traktu a stupeň jeho funkčnosti v době přechodu na exogenní

výživu. Z tohoto hlediska rozdělují Ostroumova (1983) a Dabrowski (1982, 1984) larvy kostnatých ryb na začátku exogenní výživy do 3 skupin. Do první skupiny řadí larvy lososovitých ryb, které mají v počáteční fázi ontogeneze funkční žaludek a dobře vyvinutý digestivní systém, umožňující využívání suchých startérových krmiv. Jsou schopny využít rybí moučku jako základní zdroj bílkovin a energie. Jedná se např. o ryby lososovité. Ve druhé skupině jsou larvy ryb bez vyvinutého žaludku a střevem s různou úrovní digestivní a absorpční funkce. Jako příklad lze uvést sumce velkého. Rovněž tato skupiny je rozkrmována suchými starterovými směsmi s použitím rybí moučky. Larvy kaprovitých ryb s nevyvinutým střevem a hepatopankreatem jsou zařazeny do třetí skupiny, která je z hlediska možnosti počátečního rozkrmování suchou dietou považována za nejproblémovější. Krátké střevo umožňuje krátkou dobu pasáže potravy, což vymezuje i relativně krátkou dobu pro digesti potravy a absorpci živin. Zároveň tyto ryby nejsou schopny využít tak složitou strukturu, jakou je rybí moučka. U této skupiny je nezbytný několikadenní rozkrm s použitím živé potravy nebo použití tzv. prestarterových směsí, se strukturálně velmi jednoduchými komponenty. Mezi ně patří např. hydrolyzovaná rybí moučka, kvasničný protein, lecitin, hydrolyzát caseinu apod.

Krmení plůdku ryb musí být zahájeno bezprostředně po jeho přechodu na exogenní výživu. Podmínkou je aplikace vhodného krmiva s optimální velikostí krmných částic. Příjem potravy je u plůdku lososovitých ryb zahájen po strávení přibližně jedné poloviny žloutkového váčku. Délka období od vykulení plůdku do zahájení exogenní výživy je druhově specifická a ovlivněna teplotou vody (i velikostí žloutkového váčku).

Včasné zahájení aplikace krmiv do odchovných nádrží má několik významů. Prvním z nich je podpora reflexu příjmu potravy, dále pak stimulace zažívacího traktu ryb k produkci trávicích enzymů a aktivitě trávicího ústrojí. Třetím je dotace živin a energie do organismu plůdku.

Při odchovu raných stádií se používá několik druhů živé potravy, přičemž se vychází z velikosti larev a jejich vývoje. Hlavními organismy jsou vířníci (*Brachionus* sp.) a naupliová stadia žábřonožky (*Artemia salina*). Pro urychlení přechodu ze živé potravy na suché krmné směsi je často využívána technika s označením cofeeding, což je společné krmení obou druhů potravy v délce 3–10 dnů. Delší období dostupnosti živé potravy zvyšuje úroveň přežití, intenzitu růstu, urychluje vývoj a snižuje výskyt vývojových deformací. Základní podmínkou pro vývoj krmiv a použití správné strategie výživy, je znalost a pochopení rozdílů ve vývoji zažívacího traktu a produkci trávicích enzymů larev ryb, pochopení fyziologie trávení larválních stádií.



Délka počátečního odchovu plůdku závisí na chovném cíli nebo technologii odchovu. Při vysazení plůdku do odchovných potoků nebo do přirozených podmínek obecně, je vhodné krátkodobé, alespoň jednorázové nakrmení ryb. Vzhledem k výše uvedeným aspektům, přítomnost krmiva v zažívacím traktu plůdku, případně i krátkodobé rozkrmení, zvyšuje šance rozkrmeného plůdku na přežití.

Na rozdíl od dalších fází chovu, je krmivo aplikováno v dávce ad libitum nebo v mírném nadbytku. Cílem je prostřednictvím udržení vysoké koncentrace krmiva ve vodním prostředí, minimalizovat potravní konkurenci a vzdálenost mezi potravou a rybou. Aplikace krmiva je zpravidla kontinuální nebo ve velmi krátkých intervalech, zpočátku zpravidla kratší než 2 hodiny. Krmivo se aplikuje v co největší části nádrže, optimálně po celé hladině, případně i do přítoku. V případě odchovu v rybníčcích s přirozenou potravou je krmivo aplikováno do přítoku nebo v jeho blízkosti. Běžná je kombinace automatického krmítka s hodinovým strojkem a ručního krmení. Krmivo je předkládáno zpravidla ve světelné části dne, která může být prodlužována umělým osvětlením na 16–20 h, v některých systémech chovu se krmí po celých 24 hodin.

Uvedená intenzita krmení se používá po dobu několika dnů, po návyku na příjem krmiva se snižuje dávka na 10 a postupně až na přibližně 5 % hmotnosti ryb. Rovněž interval krmení se prodlužuje a krmení probíhá 5–6krát denně. Změna velikosti krmiva nebo přechod na jiný druh musí být provedena pozvolně v průběhu několika dnů.

S ohledem na intenzitu krmení a hustotu obsádky je nezbytná soustavná kontrola ryb a důsledně udržovaná hygiena prostředí.

#### **4.4 SPECIFIKA KRMENÍ GENERAČNÍCH RYB**

V současnosti jsou již pro generační ryby k dispozici speciální krmné směsi, zajišťující jejich optimální výživu a dostatečnou produkci kvalitních pohlavních produktů. Není tedy nutno lososovitým rybám předkládat další krmivo, jak tomu bylo v minulosti (maso a vnitřnosti teplokrevných zvířat, jatečné odpady apod.). Je však nutno mít v patrnosti, že množství a kvalita krmiva rozhodujícím způsobem ovlivňuje kvalitu a množství pohlavních produktů a následně i kvalitu získaného potomstva. Proto je potřeba používat pro generační ryby krmiva pro tuto kategorii určená a věnovat jejich kvalitě, včetně skladování zvýšenou pozornost. Oblast parentální výživy patří rovněž mezi oblasti výživy, kde ještě nejsou ucelené poznatky pro všechny druhy ryb.

## 4.5 SPECIFIKA ZIMNÍHO KRMENÍ LOSOSOVITÝCH RYB

V rybářské praxi často dochází při poklesu teploty vody pod 4 °C k omezení aplikace krmiv nebo k používání méněhodnotných levnějších krmiv s odůvodněním, že ryba krmivo špatně přijímá a neroste. Podle výsledků výzkumu zaměřeného na problematiku krmení lososovitých ryb v zimním období je zřejmé, že zimní krmení má svůj význam. Aby ryba v období s nízkou teplotou přijímala potravu a přirůstala, je nutno splnit několik podmínek.

V nízkých teplotách je nutno použít krmiva s vysokým obsahem energie ve formě rybího tuku, krmiva musí být dobře stravitelná, tedy kvalitní, doporučený je podíl LT rybí moučky. Rybí tuk a kvalitní rybí moučka působí zároveň jako atraktanty a zlepšují příjem krmiva. Krmné dávky při teplotách kolem 2 °C jsou udávány i v doporučení od výrobce a pohybují se v závislosti na obsahu stravitelné energie na úrovni desetin (kolem 0,5) procenta hmotnosti obsádky, v závislosti na kusové hmotnosti ryb. Podle zkušeností je však vhodné krmít i při teplotách pod 1 °C. Podle některých údajů je i při těchto teplotách dosahován při použití kvalitních krmiv krmný koeficient na úrovni kolem hodnoty 1.

## 4.6 VLIV KRMIVA NA NUTRIČNÍ HODNOTU SVALOVINY RYB

Krmivo použité při produkci tržních ryb má vliv na složení a tedy i kvalitu masa jako potraviny. Kvalita krmiva ovlivňuje technologickou hodnotu ryb, která je vyjádřena výtěžností. Nadměrné množství tuku v krmivu, použití neplnohodnotných bílkovin, vyšší podíl sacharidů způsobuje zvýšené množství uloženého viscerálního tuku, který se stává při zpracování ryb odpadem a snižuje výtěžnost ryb (hodnotu viscerosomatického indexu – VSI). Dále je ovlivněno chemické složení svaloviny. Dochází ke zvýšení protučnění svaloviny, zvýšení energetické hodnoty rybího masa. To může ovlivnit možnosti jejího využití, tučnější maso se hodí např. k uzení apod. V případě příznivého složení tukové tkáně, zejména vysokého obsahu mastných kyselin řady n-3 a příznivého poměru FA řady n-3/n-6, je hodnoceno vyšší množství tuku pozitivně. Nesmí však negativně ovlivnit sensorické vlastnosti masa ryb. Nežádoucí jsou různé pachové stopy. Tuk je nositelem chuti a vůně. Nevhodné krmivo nebo jeho nedostatek, včetně hladovění, může negativně ovlivnit jak výtěžnost, tak i nutriční úroveň produkované potraviny. Absence tuku a vyšší množství vody zhoršuje údržnost rybí svaloviny. Přítomnost některých polutantů kumulativní povahy v krmných směsích znehodnocuje svalovinu z pohledu hygienických limitů obsahu těchto látek. Přítomnost nežádoucích komponentů (vyšší podíl kukuřičného glutenu) nebo i

přirozené potraviny (blešivců), může způsobit nežádoucí zbarvení svaloviny (žlutý odstín) a tím i zhoršení prodejnosti tržních ryb. Svalovina lososovitých ryb tržní produkce je bílá nebo růžová či červená (lososové zbarvení). Zlepšení nutriční úrovně produkované potraviny je v současnosti zaměřeno na zvyšování podílu PUFA. To je dosahováno přidavkem rybího nebo lněného oleje do krmných směsí pro pstruha duhového nebo kapra obecného. Tento přídatek olejů vhodné odrůdy dokáže příznivě ovlivnit zastoupení mastných kyselin řady n-3 (ALA, EPA, DHA).

## **5. HODNOCENÍ KRMIV**

Současná krmivářská praxe používá hodnocení krmiva na základě makroskopického, mikroskopického, toxikologického a chemického posouzení. Nejobektivnějším jsou jejich chemické analýzy. Výsledky těchto analýz jsou sumarizovány v krmivářských tabulkách tvořících katalog krmiv. Tento katalog je doplňován na základě rozšiřujícího se spektra používaných komponentů zařazovaných do krmných směsí, používaných analytických metod a prováděného výzkumu. Vedle uvedených způsobů hodnocení jsou prováděny i provozní testy produkční účinnosti krmiv (krmné testy). Údaje do katalogu krmiv jsou získávány chemickou analýzou, biologickými pokusy a výpočty. Na základě zpracovaných údajů jsou v ČR pod MZe ČR pro jednotlivé skupiny zvířat sestavovány přehledové materiály (normy potřeby živin) zaměřené na jejich výživu. Pro oblast chovu ryb byla vydána norma „Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty pro ryby“, zaměřená na výživu kapra obecného a pstruha duhového.

### **5.1 CHEMICKÁ ANALÝZA**

Chemickým rozbohem získáváme číselný podklad pro vyjádření výživné hodnoty krmiva. Pro jednotlivé analýzy existují přesné metodické postupy, které definují použité chemikálie, laboratorní přístroje atd. Mezi základní chemické analýzy patří stanovení obsahu sušiny, dusíkatých látek, tuku, vlákniny a popelovin. Obsah BNLV je stanoven výpočtem na základě údajů předcházejících analýz. Dále jsou stanoveny jednotlivé minerální látky, vitaminy, aminokyseliny a mastné kyseliny. V případě podezření na výskyt dalších látek jsou prováděny speciální testy (mykotoxiny, těžké kovy apod.).

## 5.2 HODNOCENÍ PRODUKČNÍ ÚČINNOSTI

Pro optimalizaci spektra krmiv používaných v průběhu roku v podmínkách konkrétní farmy je nutno provést porovnání (krmné testy) vybraných krmiv. Tak je možno získat přesné údaje o produkční účinnosti konkrétního krmiva v konkrétních podmínkách. Prvním krokem je předběžný výběr krmiv na základě údajů poskytnutým výrobcem, případně referencí jiných chovatelů nebo výsledků krmných testů provedených odbornými organizacemi. Součástí informací jsou údaje o chemickém složení a doporučená technika krmení.

Vlastní krmný test by měl probíhat ve srovnatelných podmínkách alespoň po dobu osmi týdnů. První dva týdny jsou považovány za návyk na krmení. Pro vyhodnocení se používá několik skupin ukazatelů:

- produkční ukazatele: specifická rychlost růstu (Specific Growth Rate – SGR), krmný koeficient (Feed Conversion Ratio – FCR), jejich vzájemný poměr (FCR/SGR), přírůstek z jednotky krmení (Feed Coefficient Efficiency – FCE), relativní denní přírůstek (Relative daily Growth Rate – RGR), délka období pro dosažení 100% přírůstku
- retence živin a energie: složení tělních tkání (obsah sušiny, tuku, bílkovin), netto využití dusíkatých látek, označované také jako retence proteinu (Net Protein Utilisation – NPU), retence tuku (Lipid Retained – LR), retence energie (Energy Retained – ER), bílkovinný produkční poměr (Protein Efficiency Ratio – PER)
- speciální – odrážející vliv krmiva na fyziologický stav ryb, hematologické a biochemické ukazatele, imunologické parametry aj.
- ukazatele vlivu použitého krmiva na nutriční hodnotu produkované potraviny, kromě výše uvedených analýz se jedná o výtěžnost, viscerosomatický index (VSI) a hodnocení profilu mastných kyselin (obsah FA řady n-3; n-6; poměr FA n-3/n-6; obsah EPA a DHA)

Součástí této skupiny hodnocení krmiv je zpravidla i ekonomické posouzení efektu použití určitého krmiva. Platí zásada, že nejlevnější krmivo nemusí být ekonomicky nejvýhodnější. Vždy je potřeba dát do souvislosti alespoň cenu krmiva (krmných nákladů) a hodnotu dosaženého produktu. Krmné náklady se v podmínkách intenzivního chovu podílejí na celkových nákladech přibližně 30–50%.

V praxi je často považován krmný koeficient za základní kritérium hodnocení krmiv. Krmný koeficient vyjadřuje množství krmiva (kg) potřebného k dosažení jednotky přírůstku

ryb (zpravidla na 1 kg). Hodnota krmného koeficientu je závislá na kvalitě krmiva (obsah a kvalita jednotlivých komponentů, jemnost mletí, homogennost krmiva, množství vlákniny, poměru SNL:SE, případně úživný poměr), hydrochemických parametrech (zejména teplota vody a obsah rozpuštěného kyslíku), biotických faktorech (druh, věk, velikost, zdravotní stav ryb a aktivita ryb) a technice krmení (intenzita, frekvence a způsob podávání).

V provozní praxi se provádí subjektivní makroskopické hodnocení krmiv při jejich dodávce, kdy u každého druhu a šarže krmiva posuzuje homogennost velikosti a barvy jednotlivých krmných částic (granulí, pelet), množství odrolu a pach krmiva. S ohledem na způsob distribuce krmných směsí je nutno doporučit i kontrolu správnosti dodaných krmiv. Při podezření na závadnost krmiva lze požádat dle platných předpisů o provedení kontrolních analýz příslušnou laboratoř (i odběr vzorků krmiva se řídí metodami uvedenými v platné legislativě, vyhl. č. 124/2001 Sb.). Dále lze podle čísla uvedeného na obalu krmiva (číslo šarže a datum výroby) požadovat na dodavateli výsledky jím provedených analýz.

Vzorce pro výpočet hodnot základních parametr při provádění krmných testů:

$$FCR = \frac{S}{W_t - W_0}$$

$$SGR = 100 \cdot (\ln W_t - \ln W_0) \cdot t^{-1}$$

$$PER = \frac{100}{FCR \cdot \%NLkrmiva}$$

$$NPU = \frac{100 \cdot [(w_t \cdot P_t) - (w_0 \cdot P_0)]}{FCR \cdot (w_t - w_0) \cdot \%NLkrmiva}$$

$$ER = \frac{E_t - E_0}{E}$$

$$LR = \frac{100 \cdot (w_t \cdot L_t) - (w_0 \cdot L_0)}{FCR \cdot (w_t - w_0) \cdot \%Lkrmiva}$$

**FCR** – Feed Conversion Ratio

**SGR** – Specific Growth Rate

**PER** – Protein Efficiency Ratio

**NPU** – Net Protein Utilisation

**ER** – Energy Retained

**LR** – Lipid Retained

**E** – obsah brutto energie v krmivu

**E<sub>0</sub>** a **E<sub>t</sub>** – počáteční a konečný obsah brutto energie v těle ryb

**P<sub>0</sub>** a **P<sub>t</sub>** – počáteční a konečný obsah proteinu v těle ryb

**L<sub>0</sub>** a **L<sub>t</sub>** – počáteční a konečný obsah tuku v těle ryb

**W<sub>0</sub>** – počáteční hmotnost obsádky

**W<sub>t</sub>** – dosažená hmotnost obsádky

**S** – spotřeba krmiva

## 6. EKOLOGICKÉ ASPEKTY KRMENÍ LOSOSOVITÝCH RYB V PODMÍNKÁCH INTENZIVNÍHO CHOVU

Pro optimální využití aplikovaných krmiv a minimalizaci zátěže životního prostředí zbytky krmiva a exkrementy byly stanoveny tzv. ekologické aspekty krmení lososovitých ryb, které lze shrnout do 10 principů.

- 1. Vysoká stravitelnost.** Pro intenzivní chovy je nezbytné použít krmiva s vysokou stravitelností všech komponentů, dochází tak k minimalizaci množství produkovaných exkrementů a tím i znečištění vody. V praxi je měřítkem stravitelnosti hodnota krmného koeficientu, která by se měla pohybovat do hodnoty 1,0.
- 2. Vysoká kvality použitých bílkovin.** Použití plnohodnotných bílkovin v krmné směsi se zaměřením na optimalizaci spektra aminokyselin, zajistí vysokou stravitelnost bílkovin, tvorbu svaloviny (tělních bílkovin) a nižší exkreci dusíku do prostředí.
- 3. Množství bílkovin (NL) v krmivu.** Úroveň dusíkatých látek v krmivu by měla zajišťovat jejich optimální využití, efektivní přírůstek a konverzi krmiva. Jejich nedostatek zhoršuje produkční účinnost krmiv, nadbytek pak jejich zhoršené využití a zvýšení exkrece dusíku do prostředí.
- 4. Správný poměr stravitelných bílkovin a stravitelné energie (DP:DE).** Množství energie kryté v krmivech bílkovinami by mělo být nižší než 40 % z celkové energie (BE) krmiva. Poměr DP:DE by se měl pohybovat v rozmezí 20–25 g DP na 1 MJ DE.
- 5. Tuková dotace krmiv.** Při stejném obsahu bílkovin v krmené směsi se projeví zvýšení její energetické hodnoty (formou tukových přísadků) vyšším přírůstkem, lepším využitím bílkovin na přírůstek, zlepšením konverze krmiva, vyšší depozicí tělního tuku. Tukový zdroj musí zajistit veškeré esenciální mastné kyseliny k biosyntéze tělního tuku.
- 6. Použití sacharidů.** V krmivech pro lososovité ryby by měly být sacharidy použity pouze ve formě hydrolyzovaného škrobu, tedy po hydrotermické úpravě. Obsah vlákniny nesmí překročit tolerovaný limit.
- 7. Obsah fosforu v krmivu.** Obsah dostupného fosforu v krmivu musí být udržován při spodní hranici fyziologické potřeby lososovitých ryb (kolem 5 g.kg<sup>-1</sup> krmiva).

Vyšší obsah fosforu v krmivu nebo použití nedostupné formy je spojen s vyšší exkrecí do vody a zvyšování její eutrofizace.

8. **Výše krmné dávky.** Optimální krmné dávky musí zajistit vysoký produkční účinek aplikovaného krmiva a jeho minimální ztráty. Krmné dávky vycházejí z energetické hodnoty a obsahu bílkovin v krmivu. Aktuálně jsou upravovány podle okamžitých hydrochemických poměrů.
9. **Podmínky prostředí.** Maximální využití krmiva na tvorbu přírůstku při minimálním znečištění vody předpokládá příznivé hydrochemické podmínky, tedy teplotu a obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě. Proto musí být ve vazbě na bod 8 pravidelně zjišťovány, případně optimalizovány.
10. **Zdravotní stav ryb.** Dosažení vysokého produkčního účinku použitých krmiv předpokládá dobrý fyziologický a zdravotní stav chovaných ryb. Udržování jejich dobrého zdravotního a kondičního stavu včetně minimalizace stresové zátěže patří k dobré chovatelské praxi.

## 7. VLIV INTENZIVNÍHO CHOVU RYB NA KVALITU PRODUKTU

Rybí maso je bezesporu vysoce kvalitní potravina. A to jak z pohledu nutriční hodnoty, tak i z pohledu jeho sensorických parametrů. Složení svaloviny je ovlivněno rybím druhem, věkem ryb, podmínkami prostředí a potravní nabídkou. V přirozených podmínkách pak i ročním obdobím, určitou roli hraje i pohlavní cyklus.

V chovných systémech ovlivňují kvalitu rybí svaloviny bez rozdílu systému chovu podmínky prostředí a zvolená krmná strategie, tj. volba krmiva a intenzita krmení. Z pohledu technologické kvality (výťažnosti) pak i vybraná linie, pohlaví, případně použití kříženců nebo úroveň ploidie. V intenzivních systémech chovu ryb jsou často podmínky prostředí optimalizovány pro příjem a využití krmiva, pro ekonomicky výhodný poměr mezi intenzitou růstu a konverzí krmiva. Rozhodující vliv na kvalitu produkovaného rybího masa má pak kvalita krmiva a intenzita krmení.

Uvedené faktory umožní standardizovat kvalitu ryb produkovaných u jednotlivých chovatelů. Z pohledu konzumentů tedy známý původ ryb znamená garanci určité kvality produktu. „Český kapr“ je registrovaná ochranná známka, skrývající v sobě technologii chovu v rybníčních podmínkách na bázi přirozené potravy a případné příkrmování zpravidla obilovinami. Chráněné označení původu „Pohorelický kapr“, získané v roce 2007, zaručující

zákazníkovi standardní jakost produktu, je zárukou původu v daném regionu, využívající stejné podmínky a stejnou technologii chovu. Obdobně „Třeboňský kapr“ podchází z chovu v Třeboňské pánvi. U ostatních prodávaných ryb se jedná o úplné výjimky. Jednou z nich je označení produktu pstruží farmy nedaleko Brna s názvem Rybářství Skalní mlýn. Jedná se o „Punkevního pstruha“, rybu produkovanou na ve vodě z řeky Punkvy s použitím krmných směsí definované firmy. Označení původu je tedy zárukou standardní kvality, skrývá v sobě technologii chovu, kvalitu prostředí a použitou výživu. Standardizaci kvality je v posledních letech věnována značná pozornost.

Použitá krmná směs ovlivňuje výtěžnost i složení svaloviny. Základními parametry je obsah sušiny (resp. vody) ve svalovině, podíl proteinů a tuků. Dále pak spektrum mastných kyselin a jejich hmotnostní podíl ve svalovině ryb. Vedle laboratorních analýz je nezbytné pro hodnocení kvality rybí svaloviny provést hodnocení senzorických parametrů (deskriptorů) v senzorických laboratořích.

S ohledem na rostoucí ceny kvalitních komponentů (rybí moučka) jsou v podmínkách intenzivních chovů často využívána krmiva zaměřená na optimální poměr krmných nákladů a hodnoty produkce bez primárního sledování kvality produktu. K dosažení požadované kvality rybího masa je v závěru produkčního cyklu použito krmivo, jehož složení zajistí požadovanou nutriční úroveň finálního produktu. V praxi je tento způsob označován jako „finishing feeding“.

## 7.1 VÝTĚŽNOST

Výtěžností rozumíme podíl požitelné části k hmotnosti ryby. Vyjadřuje procentuální podíl opracované ryby ve formě ryby bez vnitřností, opracovaného trupu nebo filetu, ať už s kůží nebo bez kůže. Výtěžnost ovlivňuje zmasilost, tělesný rámec a podíl nevyužitelného odpadu. Zmasilost ryb je možné poměrně přesně stanovit podle hodnot koeficientů využívaných po hodnocení exteriéru a kondice. Významný podíl nevyužívaného odpadu je vnitřnostní komplex a tuková tkáň, která jej obklopuje.

Obecně platí, že ryby z intenzivního chovu mají vyšší zmasilost, než ryby z extenzivních chovů nebo ryby volně žijící. To je z části dáno původem jednotlivých druhů ryb zařazených do chovu. Typickým příkladem je použití vyšlechtěných forem pstruha duhového, sivena amerického nebo triploidního lína. Druhým faktorem je dostupnost potravy a pravidelná aplikace krmiva. Kulturní formy dlouhodobě šlechtěných rybích druhů mají změněný rámec těla.



Hodnota výtěžnosti je ovlivněna podílem vnitřností včetně vnitřnostního tuku. Tento podíl je vyjádřen zpravidla hodnotou viscerosomatického indexu (VSI). Při porovnání výtěžnosti ryb pocházejících z podmínek intenzivních chovů a ryb z přirozených (včetně rybníčních) podmínek, získáme rozdílné údaje v závislosti na rybím druhu. Ryby pocházející z podmínek intenzivního chovu, využívající kompletní krmné směsi s vysokou energetickou hodnotou a vysokým podílem neproteinové energie, mají pravidla vyšší podíl vnitřnostního tuku. Zejména se jedná o rybí druhy s nízkým obsahem tuku ve svalovině a v podkoží. Typickými představiteli jsou okoun říční a candát obecný. Výtěžnost ryb z podmínek intenzivního chovu může být tedy nižší než z přirozených podmínek. U okouna udává např. Zakes a kol. (2008b) rozdíl ve výtěžnosti ryb bez vnitřností na úrovni 5 %, na stejné úrovni i rozdíl ve výtěžnosti filet bez kůže. Jankowska a kol. (2003) dosáhla výtěžnosti u filet „divokého“ candáta na úrovni převyšující 50 %, oproti candátu z intenzivního chovu – 48 %. Obdobný trend byl zjištěn i u lína obecného. Stejná nebo vyšší výtěžnost (Mareš a kol. 2004) u ryb z intenzivního chovu byla zjištěna u sumce velkého. Vliv podmínek chovu a chované linie pstruha duhového na výtěžnost tržních ryb publikovali Mareš a kol. (2010).

Tab. 20: Hodnoty sledovaných parametrů u tržních pstruhů duhových z různých farem v ČR (Mareš a kol. 2010)

<b>Parametr/lokalita</b>	<b>Pd 1</b>	<b>Pd 2A</b>	<b>Pd 2B</b>	<b>Pd 3</b>
Průměrná kusová hmotnost (g)	317,00±61,73	383,44±48,21	329,60±69,55	294,44±21,88
Výtěžnost (%)	80,84±4,30	81,63±2,57	81,55±3,50	85,82±3,31
Obsah sušiny (%)	34,22±3,94	25,50±1,25	31,32±1,36	30,71±2,58
Obsah tuku (% čerstvé hmoty)	14,12±2,70	7,09±0,78	13,66±2,33	10,71±1,62
Obsah bílkovin (% čerstvé hmoty)	20,87±3,23	17,91±0,77	17,88±1,47	18,59±3,35
Intenzita vůně	65,4±3,87	73,67±3,20	73,69±5,61	73,94±4,32
Příjemnost vůně	80,72±4,85	68,91±5,96	76,83±4,43	73,94±2,39
Textura v ústech	69,58±4,72	61,28±4,91	66,81±6,80	53,33±9,88
Šťavnatost	37,45±3,90	52,13±3,96	44,08±3,12	49,30±5,60
Intenzita chuti	60,11±5,22	61,06±3,62	66,90±3,84	62,13±2,96
Příjemnost chuti	73,02±4,65	68,19±4,71	57,55±4,58	59,52±9,88

Označení 1–3 jsou farmy, A a B různé linie Pd na stejné farmě

## 7.2 SLOŽENÍ SVALOVINY

Obsah proteinů ve svalovině jednotlivých druhů ryb je poměrně stabilní. Negativně jej může ovlivnit dlouhodobé hladovění, což však v podmínkách intenzivních chovů nepřichází v úvahu. Naopak obsah sušiny a tuku je významným způsobem ovlivněn intenzitou příjmu potravy a složením krmných směsí. Obsah vody závisí na obsahu tuku. Se stoupající tučností rybiho masa klesá obsah vody.

V podmínkách intenzivních chovů obecně platí, že ryby s vysokou intenzitou krmení a s použitím energeticky bohatých krmiv, mají vyšší obsah sušiny a tuku ve svém těle. Nemusí jít vždy jen o svalovinu. Bez ohledu na výši příjmu energie, tj. složení směsi a intenzitu příjmu potravy, nepřesahuje např. u okounovitých ryb obsah tuku ve svalovině a podkoží významně úroveň 2 %, což je hodnota zjištěná u candáta obecného i v přirozených rybníčních podmínkách při dostatku potravy. Nižší hodnoty u candáta nebo okouna říčního z přirozených podmínek pouze dokazují nižší dostupnost nebo příjem potravy, což se objevuje u ryb žijících v podmínkách jezer a řek. Přijatá energie nevyužitá pro zachovnou dávku nebo tvorbu přírůstku je uložena ve vnitřnostním komplexu, snižuje tedy výtěžnost ryb (Tab. 21).

Typickým příkladem závislosti obsahu sušiny a tuku v požitelné části ryb na technologii chovu je tradičně chovaný pstruh duhový. Pstruh duhový je zařazen z pohledu obsahu tuku ve svalovině do skupiny středně tučných ryb, s rozpětím obsahu tuku od 2 do 10%. V minulosti dosahovala úroveň obsahu tuku v jeho svalovině kolem 3 %, tedy při spodní hranici u této skupiny ryb. V současnosti se v běžných podmínkách intenzivních chovů pohybuje obsah tuku v rozpětí 7–14 % čerstvé hmoty filetů s kůží, resp. 12–13 % u analýzy prvního steaku (podkovy) za hlavou ryby. Tato změna je způsobena výrazným zvýšením obsahu tuku a energie v používaných krmných směsích (z původních 10–12 % na současných 22–27 % i více), rozpětí je ovlivněno použitým krmivem a intenzitou jeho aplikace.

Tab. 21: Hodnoty výtěžnosti a složení svaloviny vybraných druhů ryb z rozdílných podmínek chovu; (dle aZakes a kol. 2008; bJankowska a kol. 2003; cMareš a kol. 2012; dJankowska a kol. 2007; eMareš a kol. 2004)

parametr	Okoun říční <sup>a</sup>		Candát obecný <sup>b</sup>		Candát obecný <sup>c</sup>			Sumec velký <sup>d</sup>		Sumec velký <sup>e</sup>			
	chov směs	ulovený	Chov směs	ulovený	Chov krmivo 1	Chov krmivo 2	Chov rybník	chov rybník	chov krmivo	Chov krmivo 14 % tuk	Chov krmivo 22 % tuk	Chov krmivo 27 % tuk	Chov krmivo 13 % tuk
Hmotnost (g)	119,4	116,1	1009,8	1185,1	316,67	530,80	531,30	1341,3	1189,4	1170	1366	1377	1110
Výtěžnost bez vnitřnosti (%)	87,93	93,63	83,82	88,06	89,49	91,83	91,22	90,75	90,76				
VSI (%)	11,97	6,37			10,51	8,17	8,78	8,91	8,80	8,22	10,12	10,49	8,89
Výtěžnost trup(%)	64,24	69,77						61,08	60,86				
Výtěžnost filet bez kůže(%)	42,63	47,89	48,10	51,22	51,73	49,90	50,91	42,79	45,11	46,61	46,19	46,04	47,00
Sušina (%)	23,0	19,0	22,83	20,04	22,02	21,39	21,67	21,36	22,42	23,37	23,14	24,09	21,97
Proteiny (%)	20,1	17,6	18,81	18,01	19,39	19,06	18,61			18,62	21,14	17,21	17,67
Tuk (%)	1,3	0,3	2,87	0,95	0,93	0,86	1,23		+1,09	4,82	3,13	5,36	2,82

<sup>a</sup>Zakes a kol. 2008; <sup>b</sup>Jankowska a kol. 2003; <sup>c</sup>Mareš a kol. 2010b; <sup>d</sup>Jankowska a kol. 2007; <sup>e</sup>Mareš a kol. 2004

Z pohledu obsahu sušiny, tučnosti rybího masa a reakce na podmínky intenzivního chovu, je zajímavý sumec velký, jeden z dalších intenzivně chovaných rybích druhů. Sumec je konzumenty vnímán zpravidla jako tučná ryba, obsahem tuku se pohybuje v horní polovině skupiny středně tučných ryb. Zpravidla je udáván obsah tuku na úrovni 5–11 %. Nicméně sumec velký je rybou ukládající tuk ve svalovině jen v omezeném množství. Velké množství je uloženo mezi svaly pod kůží v hřbetní části těla, dále v podkoží a v ocasní partii trupu. Ve hřbetní svalovině (bez kůže) se obsah tuku pohybuje pod úrovní 2 %. Naproti tomu ocasní partie téže ryby obsahuje až čtyřnásobně vyšší množství tuku. Tomu odpovídá i hodnota obsahu sušiny. Obsah tuku ve svalovině je tedy ovlivněn kromě technologie chovu i způsobem zpracování tržních ryb. Podle Jirásk a kol. (1998) obsahuje filet bez kůže 1,36–5,75 % tuku v závislosti na systému chovu, v podmínkách intenzivního chovu pak 3,72–4,28 % podle použitého krmiva. Obsah proteinů se pohybuje v rozpětí 17,9–20,2 %. Vždy se jedná analýzu celého filetu bez kůže. Obsah sušiny a tuku v tkáních sumce ovlivňuje i intenzita krmení. S rostoucí výší krmné dávky, od 1 od 3 % metabolické hmotnosti ryb, došlo ke zvýšení obsahu sušiny z 23,1 % na 24,0 % a nárůstu obsahu tuku z 5,8 na 6,6 %.

Jen pro připomenutí – tukotvorný účinek krmiva není dán jen obsahem tuku, případně sacharidů. Na tvorbě tuku v těle ryb se podílí i přijaté proteiny. Pokud množství energie přesáhne schopnost organismu energii využít nebo deponovat, snižuje se hodnota parametrů retence tuku a retence energie. Nadměrné množství energie v předkládaném krmivu zpravidla negativně ovlivní příjem krmiva a intenzitu růstu.

Obsah vody v tkáních ryb vedle přijímané potravy mohou ovlivnit i podmínky prostředí. Jedná se zejména o stres působící v intenzivním chovu v podobě hustoty obsádky, kvality vodního prostředí nebo časté manipulace. Díky stresu může docházet na základě přirozené reakce organismu ke zvyšování obsahu vody v tkáních chovaných ryb.

### **7.3 SPEKTRUM MASTNÝCH KYSELIN**

Zastoupení jednotlivých mastných kyselin v tkáních ryb je ovlivněno rybím druhem, podmínkami prostředí a potravním spektrem. Problematika potřeby mastných kyselin ve výživě ryb je uvedena v předcházejících částech knihy. Zdrojem mastných kyselin vycházejících z kyseliny linolové a  $\alpha$ -linolenové (esenciální FA) je přijímaná potrava. V přirozených podmínkách se jedná o potravu přirozenou, kde jsou uvedené mastné kyseliny předávány od jejich producentů prostřednictvím potravního řetězce. V podmínkách intenzivního chovu jsou pak dodávány v aplikovaném krmivu. Spektrum mastných kyselin

v tkáních ryb odpovídá spektru mastných kyselin v přijaté potravě. Přidání vhodných komponentů (olejů) do krmných směsí může pozitivně ovlivnit spektrum mastných kyselin v tkáních chovných ryb. S použitím kvalitních krmných směsí je (z pohledu konzumenta) dosahováno spektrum FA pro zdraví člověka příznivější ve srovnání s přirozenou potravou. Dalším významným faktorem je již zmíněný zvýšený obsah tuku ve svalovině ryb z intenzivního chovu. Svalovina takových ryb pak obsahuje vyšší množství žádoucích mastných kyselin. Otázkou ekonomiky chovu zůstává cena komponentů a realizační cena produkované ryby. Samozřejmě, že nevhodné krmivo může výrazně spektrum mastných kyselin zhoršit. K cílenému ovlivnění spektra mastných kyselin můžeme využít již zmíněnou technologii „finishing feeding“.

Tab. 22: Spektrum mastných kyselin ve svalovině candáta obecného s použitím různých technologií chovu a použitého krmiva (Mareš a kol. 2011).

FA/varianta	Krmivo 1		Krmivo 2		Přirozená potrava	
	%	g.kg <sup>-1</sup>	%	g.kg <sup>-1</sup>	%	g.kg <sup>-1</sup>
C 14:0	2,322	0,114	1,615	0,072	0,646	0,025
C 16:0	18,899	0,926	19,073	0,855	21,530	0,827
C 16:1n7	4,066	0,199	2,987	0,134	2,599	0,100
C 18:0	5,048	0,247	4,931	0,221	8,611	0,331
C 18:1n9c	15,422	0,756	16,237	0,728	7,980	0,306
C 18:1n7	2,742	0,134	2,182	0,098	3,420	0,131
C 18:2n6c	7,738	0,379	15,845	0,711	4,161	0,160
C 18:3n6	0,113	0,006	0,177	0,008	0,210	0,008
C 18:3n3	1,596	0,078	1,585	0,071	2,470	0,095
C 18:4n3	0,650	0,032	0,398	0,018	0,436	0,017
C 20:1	0,790	0,039	0,746	0,033	0,225	0,009
C 20:4n6	1,626	0,080	1,731	0,078	9,468	0,364
C 20:4n3	0,357	0,017	0,252	0,011	0,538	0,021
C 20:5n3	10,620	0,520	6,429	0,288	11,198	0,430
C 22:4n6	0,107	0,005	0,100	0,004	0,733	0,028
C 22:5n6	0,438	0,021	0,442	0,020	1,202	0,046
C 22:5n3	2,346	0,115	1,893	0,085	3,714	0,143
C 22:6n3	25,120	1,231	23,380	1,048	20,860	0,801
Nasycené FA	26,269	1,287	25,619	1,149	30,787	1,182
Mononenasycené	23,021	1,128	22,151	0,993	14,224	0,546
Polynenasycené	50,710	2,485	52,230	2,342	54,989	2,112
n-6	10,021	0,491	18,294	0,820	15,775	0,606
n-3	40,689	1,994	33,936	1,522	39,214	1,506
n-3/n-6	4,060	4,060	1,855	1,855	2,490	2,486

## 7.4 SENZORICKÉ PARAMETRY.

Bez ohledu na nutriční úroveň produkovaných ryb a složení spektra mastných kyselin, jsou základem oblíbenosti příjmu rybího masa konzumentem jeho sensorické vlastnosti. V současnosti se již žádné krmné testy a porovnání kvality produktu neobejdou bez práce v sensorické laboratoři. V předchozí části je zmíněn požadavek na standardizaci kvality, tím je míněna samozřejmě i kvalita sensorická. Pro sensorické hodnocení masa ryb je zpracována metodika, nicméně jednotlivé sensorické laboratoře používají různé metody pro hodnocení kvality konkrétního parametru, případně hodnotí i jiné sensorické deskriptory.

Volba použitého krmiva nebo jednotlivých komponentů přímo ovlivňuje složení svaloviny i konkrétní sensorické parametry. Známý je rozdíl mezi „kvalitou“ kapra produkovaného v Polsku, ČR, Maďarsku nebo Chorvatsku, mezi rybničním chovem a chovem na oteplené vodě. Jednotlivé parametry jsou ovlivněny i podmínkami prostředí. Asi nejznámějším problémem u některých nádrží je „bahnitá příchut“ masa kapra způsobená např. drkalkou rodu *Oscillatoria* nebo sinicemi rodu *Planktothrix*, které produkují metabolity způsobující zemitý, plísňovitý zápach. Nicméně s touto „příchutí“ se můžeme setkat i v podmínkách intenzivních chovů, kde je způsobena osídlením biofiltru nebo příliš vysokým organickým zatížením systému. Proto jsou v sensorických laboratořích testovány i ryby z recirkulačních systémů, ryby chované v různých hustotách obsádky, ryby různého původu apod.

Tab. 23: Výsledky sensorického hodnocení candáta obecného s použitím různé strategie výživy

<b>Deskriptor/zdroj</b>	<b>Venkovní bazény, krmivo 1</b>	<b>Venkovní bazény, krmivo 2</b>	<b>Rybniční podmínky, přirozená potrava</b>
Intenzita vůně	76,75±13,11	76,23±7,26	72,75±10,89
Příjemnost vůně	33,88±10,44	67,17±11,64	59,23±25,18
Textura v ústech	54,00±7,02	52,98±15,57	31,15±5,93
Šťavnatost	54,98±7,92	62,90±11,29	51,90±12,81
Intenzita chuti	63,83±14,61	73,21±12,26	58,29±22,01
Příjemnost chuti	38,06±13,98	62,81±13,56	51,74±16,35

Maximální hodnota deskriptorů je 100.

## 7.5 POLUTANTY

Samostatnou skupinou faktorů ovlivňujících kvalitu ryb produkovaných v podmínkách nejen intenzivních chovů, jsou polutanty různého charakteru kumulující se ve svalovině ryb. Určitou výhodou intenzivních systémů chovu ryb je použití kvalitních krmných směsí známého původu a definované kvality, včetně limitovaného obsahu nožným polutantů. Přirozená potrava, jako možný zdroj nežádoucích látek, se v těchto systémech s výjimkou klecových chovů téměř nevyskytuje. Dalším faktorem je použití kvalitní vody, často s využitím recirkulačních systémů. A třetím významným faktem je relativně krátká doba potřebná k dosažení konzumní velikosti chovaných ryb, tedy zkrácení doby možné kumulace nežádoucích látek v rybí svalovině.

Uvedené skutečnosti spolu s vysokou frekvencí kontroly kvality potraviny produkované v intenzivních podmínkách chovu, garantují vysokou kvalitu a bezpečnost takto produkovaných ryb.

## **B. NEMOCI RYB V INTENZIVNÍCH CHOVECH**

**Doc. Ing. MVDr. Ladislav Novotný, Ph.D.**

**Doc. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D.**

### **1. NEMOCI ALIMENTÁRNÍHO PŮVODU**

Choroby alimentárního původu mají významné postavení právě u ryb chovaných v intenzivních podmínkách. Vzhledem k minimálnímu využití přirozené potravy jsou v těchto chovech ryby všech věkových kategorií odkázány na přísun kompletních krmných směsí. Krmné směsi tedy musí obsahovat všechny živiny, které jsou nutné pro udržení homeostázy organismu a navíc zajistit požadovaný přírůstek tělesné hmotnosti za definovaný časový úsek. Hlavními složkami krmných směsí pro lososovité ryby, které jsou nejčastěji chovány v akvakulturách, jsou proteiny. Směsi obsahují relativně nízké množství sacharidů a vysoké množství lipidů. Dále v krmných směsích musí být zastoupeny všechny esenciální vitamíny a minerální látky, které ryby nejsou schopny v dostatečném množství absorbovat z vodního prostředí. K dalším druhům ryb, na které je v současnosti zaměřena pozornost v oblasti intenzivního chovu patří candát obecný, sumec velký a lín obecný. V současnosti probíhá celosvětově testování nejvhodnějšího složení diet pro tyto druhy.

Alimentární poruchy mohou být kvantitativního charakteru, kdy krajním případem je absolutní deficience spojená s vyhladověním, nebo kvalitativního charakteru, které mají rozhodující úlohu. Dříve byly choroby alimentárního původu způsobovány spíše deficiencemi nebo nízkým obsahem vitamínů, zatímco v současnosti jsou častěji spojené s oxidací tuků, se zplísňením špatně skladovaných krmných směsí (KS) a s deficiencemi vznikajícími antagonistickými interakcemi mezi jednotlivými komponenty.

Alimentární poruchy není lehké diagnostikovat, obvykle bývají spojené se zvýšenou vnímavostí ryb k infekčním onemocněním. Nejčastější klinické příznaky jsou inapetence, ztmavnutí kůže, letargie a pomalý růst.

#### **1.1 HLADOVĚNÍ**

Hladovění ryb je způsobeno kompletním nedostatkem potravy nebo přítomností anorexigenních signálů (např. serotonin, GnRH, testosteron, estradiol, leptin, insulin, kortizol), které navozují nechutenství (anorexii). Důsledkem hladovění je vyhublost – kachexie a následná smrt. K tomu může docházet také v případech, kdy je rybám předkládána potrava v nevhodné, pro ně nepřijatelné formě. Vyhladovělé ryby jsou obvykle tmavší,



kosterní svalovina bývá díky katabolismu tkáňových proteinů měkčí a dochází k její atrofii. Díky atrofii svalové tkáně vystupují kosti, což je nejlépe patrné na lebečních kostech. Žábra bývají světlá. Je minimalizována nebo zcela chybí viscerální tuková tkáň a žlučový měchýř bývá zvětšený.

## **1.2 DEFICIENCE A IMBALANCE HLAVNÍCH NUTRIČNÍCH KOMPONENTŮ**

### **1.2.1 Deficience proteinů**

Ryby mají vysoké dietetické nároky na proteiny, které jsou zdrojem aminokyselin (AA) potřebných na proteosyntézu a rovněž pro glukoneogenezi. Nejdůležitější je dotace esenciálních aminokyselin, tj. těch, které si organismus nemůže sám syntetizovat (arginin, histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin). Prvním příznakem deficience je obvykle zpomalení růstu. Dlouhodobé deficience vyústí v poškození funkce jater, hemopoézy, endokrinního a jiných orgánových systémů souvisejících s činností enzymů, hormonů a intermediátorů syntetizovaných z deficientních AA. Klinickým vyšetřením zjistíme anémii doprovázenou poklesem hematokritu, poklesem celkového počtu erytrocytů a množství hemoglobinu, rovněž je sníženo množství plasmatických bílkovin. Deficience určité AA může mít i jiné specifické příznaky než pouze zpomalení růstu. Např. nedostatek tryptofanu způsobuje u lososovitých ryb skoliózu, lordózu, renální kalcinosis, kataraktu (také při deficitu methioninu), eroze na kaudální ploutvi, nižší obsah lipidů v jatečně opracovaném těle se zvýšením obsahu vápníku, hořčíku, sodíku a draslíku. Při deficitu lysinu vznikají u pstruha duhového eroze na dorzální a ocasní ploutvi a také se zvyšuje mortalita, rovněž může docházet k abnormalitám ocasních ploutví a žaberního víčka. Deficity AA nemusejí vznikat jen při jejich primárním deficitu v předkládaném krmivu, ale také díky antagonismu jednotlivých AA (isoleucin/leucin, arginin/lysin a cystin/methionin). Úbytek AA je také zaznamenáván při nevhodném zpracování krmných surovin, zejména při expozici příliš vysoké teplotě. Působení vysoké teploty na histidin a histamin může způsobit vznik toxické látky gizzerosinu (2-amino-9-(4-imidazolyl)-7-azanonanová kyselina). Toxický efekt gizzerosinu byl popsán u kuřat, u kterých vyvolává vznik erozí žlázatého žaludku (angl. gizzard). U pstruhů byl pozorován podobný efekt.

Vliv na zachování AA v krmivu má také pH. Nízké pH při výrobě siláží může způsobit deficit tryptofanu, příliš alkalické pH zase deficit lysinu a cystinu. Známé jsou také

významné ztráty AA při rozmrazování zooplanktonu (*Daphnia*, *Artemia*), kdy při vhození mraženého zooplanktonu dojde při tání k „vymytí“ volných AA.

Existují také toxické AA, jejichž výskyt byl popsán v některých rostlinách např. z čeledi bobovitých *Leucaena leucocephala*, obsahující toxickou aminokyselinu mimosin a také *Sesbania grandiflora* a *Canavalia ensiformis* obsahující kanavanin.

Je také popsáno toxické působení leucinu při zkrmování jeho vysokých dávek pstruhovi duhovému (13,4% v dietě). U těchto ryb byla pozorována skoliosa, deformované operkulum a jiné deformace, dále ztráta šupin či edém epidermis.

### **1.2.2 CHOROBY SPOJENÉ S DEFICIENCÍ NEBO POŠKOZENÍM LIPIDŮ**

Lipidová složka krmiva musí zajistit dotaci esenciálními mastnými kyselinami (FA) a slouží rovněž jako zdroj energie. Esenciálními jsou polynenasycené FA, tj. obsahují dvě a více dvojných vazeb. Tyto vazby jsou velmi citlivé k oxidaci. Oxidace tuků je jedním z nejběžnějších problémů rybích krmiv a může způsobit nutriční onemocnění znehodnocením esenciálních FA, vyčerpáním tkáňových antioxidantů a produkcí toxických látek. Lipidová složka potravy je příčinou vůbec nejčastějších nutričních problémů. Alimentární choroby spojené s poškozením lipidové složky potravy můžeme rozdělit na čtyři základní patologické syndromy - obezitu, tukovou infiltraci jater, deficienci FA a ceroidní degeneraci jater.

#### **1.2.2.1 Obezita**

Obezita vzniká běžně u ryb krmených krmivem s vysokým obsahem tuků. Mnoho komerčně vyráběných krmných směsí obsahuje více než 18 % tuku. Za přirozených podmínek mají lososovité ryby pouze malé množství tukové tkáně v okolí střev, sleziny a žaludku (mesenteriální, resp. viscerální tuková tkáň). Ryby krmené krmivem s vysokým obsahem tuku mohou mít v dutině tělní masu tukové tkáně, jenž v mnoha případech dokonce znemožňuje viditelnost orgánů.

#### **1.2.2.2 Tuková degenerace jater**

Tuková infiltrace jater, označovaná také jako lipidosa či steatosa, může doprovázet obezitu. Játra vykazují žlutou až okrovou barvu, případně mramorování. Na řezu jsou tučná a olejovitá. Je třeba odlišit tukovou degeneraci od fyziologické akumulace tuků v přípravě na dobu hladovění, tedy na zimní období. Mikroskopickým, resp. histologickým vyšetřením zjišťujeme přítomnost intracelulárních tukových kapének. Je nutné odlišit mezi

intracelulárními kapénkami a kapénkami ležícími extracelulárně mezi jaterními buňkami. Rovněž je třeba posoudit kvantitu tukových kapének. Malé množství je akceptovatelné, v přítomnosti velkého množství kapének v cytoplasmě většiny jaterních buněk je však třeba považovat tento stav za patologický. Výrazná lipidosa hepatocytů může vést k jejich nekróze, což jen na rozdíl od lipidosy již ireverzibilní změna, která ve větším rozsahu vede ke smrti postiženého jedince. Tuková infiltrace může být však rovněž způsobena např. deficiencí biotinu nebo cholinu či toxickými látkami. Při těchto stavech dochází k poruše metabolismu lipidů v hepatocytu (díky deficitu enzymů, či proteinového nosiče) a k akumulaci tuků v cytoplasmě. Lipidosa jater bývá častým nálezem u ryb v intenzivních chovech, které jsou krmeny granulovanými krmivy s vysokým obsahem tuků.

### **1.2.3 DEFICIENCE MASTNÝCH KYSELIN (FA, FATTY ACIDS)**

Ryby jsou schopné syntetizovat FA řady n-7 a n-9, ale ne n-6 a n-3. Tyto FA jsou pro ryby esenciálními, a pokud nepřijmou jejich adekvátní množství (nebo FA s delšími řetězci) v potravě, dostaví se příznaky deficiencie. Pro normální růst potřebují být n-3 FA zastoupeny v krmivu v množství větším než 1%. Schopnost elongovat n-3 linolenovou kyselinu je závislá na druhu ryby. Lososovité ryby například mohou přeměnit kyselinu linolenovou (18:3) na eikosapentaenovou a dokosahexaenovou (20:5, 22:6) nebo linolovou (18:2) na arachidonovou (20:4). Syndrom spojený s deficiencí FA u lososovitých ryb zahrnuje zvýšenou mortalitu, redukci růstu, depigmentaci, eroze na ploutvích, zvýšení obsahu vody ve svalovině, vyšší vnímavost k flexibakteriose, snížení koncentrace hemoglobinu a objemu erytrocytů, lipidose jater, snížení reprodukčních parametrů u generačních ryb a poruchy plavání projevující se nejprve excitací a pak následnou imobilitou (tzv. šok syndrom).

#### **1.2.3.1 Toxické působení FA**

Toxické účinky byly popsány u cyklopropanové kyseliny, která je součástí lipidů semen bavlníku. Tato FA způsobuje u pstruhů duhových zaostávání v růstu, poškození jater a předpokládá se také synergický efekt v karcinogenesi způsobené aflatoxiny.

#### **1.2.3.2 Ceroidní degenerace jater – lipidová autooxidace**

Krmivo pro lososovité ryby obsahuje vysoké hladiny polynenasycených FA (PUFA) (saturované FA jsou pro ryby žijící ve vodě s nižší teplotou méně využitelné). Tyto PUFA jsou náchylné k autooxidaci atmosférickým kyslíkem (peroxidace, žluknutí), přičemž vznikají

peroxydy (zvyšuje se peroxidové číslo), posléze aldehydy, ketony a podobné látky, které jsou pro lososovité ryby extrémně toxické. Rovněž přítomnost vznikajících volných radikálů poškozuje buněčné membrány. Účinkem metabolických produktů autooxidace dochází k nekrotickým renální hemopoetické tkáni, která může vyústit až v megaloblastickou anémii. Dalším projevem je akumulace ceroidu v játrech (hnědo-žlutý pigment, produkt fosfolipidového metabolismu, který můžeme prokázat metodami barvení tkání dle Ziehl-Neelsena, PAS, Sudanovou černí B a olejovou červení), dystrofie ledvin a nutriční svalová dystrofie. Nahromadění ceroidu v jaterních buňkách vede k vážnému specifickému onemocnění nazvanému ceroidní degenerace jater.

Ryby klinicky vykazují vyčerpání, ztmavnutí kůže, úbytek hmotnosti, nekrózy ploutví a světlá žábra. Rovněž se vyskytuje zvýšená mortalita. Náchylnější jsou mladé věkové kategorie. Při pitvě nacházíme v dutině tělní ascites, zvětšenou slezinu, světle-žlutá játra, mírně zduřelé ledviny, na řezu rozbředlé konzistence a celkovou anémii orgánů. Žaludek a střeva bývají prázdná, pouze s obsahem žlučové tekutiny. Hematologickým vyšetřením zjišťujeme snížení hematokritové hodnoty, hemoglobinu a počtu erytrocytů. Autooxidačním procesem jsou rovněž destruovány vitamíny E, A a C (tyto vitamíny mají antioxidační účinek).

Prevencí je správné skladování krmiva v nízkých teplotách a v temnu, dodržení expirační doby krmiva a saturace krmiva antioxidačními látkami. Hemoglobin je známý svým katalytickým účinkem při autooxidaci, proto ingredience obsahující hemoglobin by měly být v krmivu minimalizovány. Pravidelně je možné provádět kontrolu nezávadnosti krmiv a stanovit tři základní ukazatele stavu tuku - číslo kyselosti, peroxidové číslo a číslo 2-thiobarbiturové.

### **Arteriosklerosa lososovitých**

Tento typ dystrofie je popisován od šedesátých let minulého století u anadromních migrátorů rodů *Salmo* a *Oncorhynchus*. Postihuje koronární (srdeční) artérie u dospělých ryb ve věku 2-5 let. Koronární tepny mohou být okludovány až z 50 %. U nemigrujících lososovitých ryb nebývá postižení tak výrazné. V etiologii tohoto onemocnění se uplatňuje vysoká hladina cholesterolu a lipoproteinů o nízké hustotě (LDL) v krvi, což bylo ověřeno experimentálně i v akvakulturách. Uvažuje se také o stresu a související hypertenzi, která vede k mechanickému narušení endotelu a usnadnění ukládání krystalů cholesterolu do stěn koronárních cév. U ryb postižených koronární arteriosklerosou nebyl pozorován, narozdíl od

savců, vznik ischemické nekrosy, tedy infarktu myokardu, což patrně souvisí s odlišným typem krvení srdečního svalu.

#### **1.2.4 CHOROBY SPOJENÉ S DEFICIENCÍ/NADBYTKEM SACHARIDŮ**

Ryby mají mnohem více limitovanou kapacitu metabolizovat sacharidy z potravy ve srovnání s ptáky a savci. Existují však významné mezidruhové rozdíly, např. význam sacharidů je zanedbatelný u lososovitých ryb v porovnání s jinými rybími druhy jako je tilapie či sumeček. Nadměrný příjem sacharidů může způsobit degeneraci hepatocytů a v nich nadměrné hromadění glykogenu a zvětšení jater. Biochemickým vyšetřením zjišťujeme hyperglykémii. Ryby jsou netečné, tmavší, odmítají potravu, může být zvýšená mortalita.

#### **1.2.5 DEFICIENCE VITAMÍNŮ**

Vitamíny jsou komplexem organických substancí obvykle nízké molekulární hmotnosti, nezbytné pro širokou škálu metabolických procesů. Jsou rozděleny do dvou skupin - vitamíny rozpustné v tucích a vitamíny rozpustné ve vodě. Krmivo ne vždy obsahuje potřebnou hladinu všech vitamínů, vzhledem ke zdroji ingredientů, metodám zpracování a způsobu skladování se může jejich zastoupení měnit. U vitamínů rozpustných ve vodě je také třeba počítat s částečným únikem do vody během krmení. Ryby s částečným nebo úplným nedostatkem nebo s nesprávným poměrem vitamínů v potravě se po vyčerpání zásob postupně stávají deficientními. Proto symptomy deficiencí jsou většinou chronické povahy a rozvíjí se pomalu. Mladé věkové kategorie ryb nemají ještě vyvinuté zásoby vitamínů ve tkáních a rychle přirůstají, potřeba vitamínů je vysoká, proto se u nich deficiencie v potravě projevují rychleji. Klinické příznaky vitaminových deficiencí jsou závislé na jejich fyziologických funkcích a někdy jsou dostatečně jasné k určení diagnózy. V jiných případech určení přesné diagnózy není zcela jednoduché.

##### **1.2.5.1 Vitamíny rozpustné v tucích**

###### **Retinol (vitamín A)**

Je důležitý pro normální vidění, embryonální vývoj, dobrý stav sliznic, buněčnou membránovou propustnost, vývoj kostí a pro syntézu kortikosteroidů. Deficiencie se projevují zvýšenými ztrátami plůdku a snížením rychlosti růstu, keratomalácií a degenerací sítnice. V játrech dochází k tukové degeneraci, nalézáme deformace žaberních

oblouků a žaberního víčka, depigmentaci, edém s ascites, nervové příznaky a hemoragie v okolí bazí ploutví.

Hypervitaminosa A se u lososovitých projevuje redukcí růstu, snížením hematokritu, nekrosami ploutví, skoliosou, lordosou a degenerací jater. Za toxické se považují dávky od 2,2 milionů IU/kg krmiva.

### **Kalciferol (vitamín D)**

Patří mezi termostabilní steroidy důležité v prevenci rachitidy. Jeho nedostatek má za následek porušení metabolismu vápníku a fosforu a tím vznik rachitidy, nedokonalého vývinu operkula a křečí bílého kosterního svalstva.

### **Tokoferol (vitamín E)**

Tokoferoly jsou blízce příbuzné sloučeniny, které se odlišují biologickou a antioxidační aktivitou. Biologicky neúčinnější je  $\alpha$ -tokoferol. Jednou z nejdůležitějších funkcí vitamínu E ve tkáních i v krmivu je ochrana proti toxickému účinku volných radikálů. Tokoferol působí jako antioxidant poskytováním protonů volným radikálům, které tím mění na neškodné a stabilní. V živých tkáních může být regenerován za přítomnosti selenu. Další důležitou funkcí je modelování struktury biologických membrán.

Nedostatek tokoferolu vede ke špatné oplozenosti jiker a u plůdku k ceroidní degeneraci jater s následným hynutím. Příznakem deficiencie tokoferolu je svalová dystrofie, steatóza, přítomnost patologických změn v srdci, zažívacím traktu a v plynovém měchýři, redukce růstu, ascites a depigmentace. Typická je anémie (mikrocytární), spojená s křehkostí erytrocytárních membrán.

Ačkoliv existují určité diskuse o predispozičních a iniciačních faktorech, mezi pravděpodobně ekonomicky nejzávažnější onemocnění spojené s deficiencí tokoferolu patří polymyopatický syndrom (PMS). Deficit vitamínu E pravděpodobně také ovlivňuje průběh virových onemocnění v chovech lososů Pankreas Disease (PD, původce Salmonid Alphavirus) a kardiomyopatický syndrom (CMS, původce Piscine Myocarditis Virus).

### **Vitamín K**

Jeho primární funkcí je působení při srážení krve, ale má rovněž funkci bakteriostatickou a má vlastnosti koenzymu.

Deficience tohoto vitamínu prodlužuje dobu srážlivosti krve, objevují se hemoragie ve svalovině a v orgánech spojené s anémií, dochází ke snížení hematokritové hodnoty.

### 1.2.5.2 Vitamíny rozpustné ve vodě

#### **Thiamin (vitamín B1)**

Thiamin je koenzym (forma thiamin pyrofosfát) velkého množství enzymů katalyzujících metabolismus uhlovodíků.

Klinické příznaky deficience thiaminu zahrnují změny barvy a přítomnost hemoragií u bazí ploutví. Nejvýznamnější změny jsou ale nervové poruchy - excitace a paralýza, ztráta rovnováhy, poruchy plavání, svalová atrofie a celková slabost, spojené s vyčerpáním thiamin pyrofosfátu z mozku a svaloviny. Histologicky nacházíme hemoragie a degenerativní změny jader v periventrikulárních oblastech mozku.

Deficit thiaminu je spojován s tzv. M74 syndromem u plůdku lososů ve fázi očních bodů, Early Mortality Syndrome (EMS) a Cayuga syndrom. Tato onemocnění vznikají v důsledku vysoké aktivity enzymu thiaminázy u matek a tím nízké koncentraci thiaminu ve žloutkovém váčku u plůdku. Postižený plůdek má krváceniny ve žloutkovém váčku, hydrocefalus a nekrosy v mozečku. Mortalita u takto postiženého plůdku je 100%.

#### **Riboflavin (vitamín B2)**

Je to flavoprotein, částečně aktivní jako koenzym mnoha oxidačních systémů. Je důležitý při respiraci málo vaskularizovaných tkání, jako je oční rohovka. Jeho deficience se projevuje anorexií, zhoršeným růstem, keratitidou, kataraktou, erozemi kolem nosních otvorů, deformacemi páteře, erozemi a krváceninami na ploutvích, svalová slabost, zesvětlení nebo ztmavnutí kůže, fotofobií, inkoordinovanými pohyby, letargií a anémií.

#### **Pyridoxin (vitamín B6)**

Je obzvláště důležitý u ryb s vysokými nároky na proteiny, jelikož působí jako koenzym při deaminaci AA. Zvýšené nároky mají tudíž ryby s vysokým poměrem bílkovin v krmivu. Nedostatek pyridoxinu vyvolává nervové poruchy, poruchy plavání (nekoordinované, rychlé plavání), zrychlené a lapavé dýchání, anorexii, anémii a postupné hynutí. Jsou popisovány degenerativní změny v ledvinách, játrech a ovariích a hyperplasie hemopoetické tkáně.

#### **Kyselina pantotenová**

Působí jako koenzym v metabolismu tuků i uhlovodíků.

Nedostatek vede k nechutenství, snížené rychlosti růstu a k rozvoji kyjovité hyperplasie žaberních lístků. Délétrvající deficiencie se projevuje erosemi na ploutvích a anémií.

### **Inositol**

Nedostatek inositolu způsobuje anorexii, redukcii růstu a snižuje konverzi krmiva, zpomaluje vyprazdňování trávicího traktu a objevuje se rozšíření žaludku. Rovněž redukuje aktivitu cholinesterasy a transaminasy, zvyšuje množství neutrálních tuků a triglyceridů v játrech.

### **Niacin (vitamín PP)**

Jeho nedostatek se projevuje anorexií, anémií, snížením přírůstků, objevují se poruchy trávení (edém a léze ve střevě) a kožní léze s hemoragiemi. Dochází k celkové sešlosti.

### **Biotin (vitamín H)**

Ačkoliv je důležitý jako koenzym v rámci tukového i uhlovodíkového metabolismu, málokdy dochází k jeho deficiencím.

Jeho experimentálně vyvolaný nedostatek u lososovitých ryb se projevil typicky jako nedostatek vitamínů skupiny B, tj. redukcí růstu, sníženou konverzí živin, ztmavnutím kůže a anorexií.

### **Cholin**

Cholin se v živočišných tkáních vyskytuje ve formě fosfatidylcholinu jako součást buněčných membrán, podílí se na přenosu lipidů a je prekursorem neurotransmiteru acetylcholinu. Nedostatek cholinu se vedle redukce růstu a nízké konverze krmiva projevuje i krváceninami v ledvinách a ve střevě a tukovou degenerací jater.

### **Cyanokobalamin (vitamín B12)**

Nedostatek vitamínu B12 vyvolává hematologické poruchy, projevuje se poklesem hemoglobinové hodnoty a snížením počtu červených krvinek, anémií, nechutenstvím, pomalým růstem a ztmavnutím těla.

### **Kyselina listová**



Je dalším koenzymem ovlivňujícím hemopoezu. Nedostatek se tudíž projevuje makrocytární normochromní anémií, světlými žábry a opět anorexií a snížením růstu a konverze živin. Může se také vyskytnout exoftalmus a ascites.

### **Kyselina askorbová (vitamín C)**

Většina ryb nedokáže vitamín C sama syntetizovat. Vitamín C je kofaktorem hydroxylace prolinu na hydroxyprolin, je základním komponentem kolagenu, který se vyskytuje v pojivové tkáni, kostní dřeni a v hojících se tkáních. Jeho nedostatek je spojen se dvěma typy onemocnění v souvislosti s jeho metabolickou aktivitou ve skeletárním systému a při hojení ran. Některé studie uvádějí imunostimulační účinek, resp. zvýšení nespecifické imunity vůči patogenům při zkrmování vysokých dávek vitamínu C u pstruha duhového. Vitamín C také příznivě ovlivňuje reprodukční ukazatele. Preventivní dávka vitamínu C je pro pstruha duhového 50–100 mg/kg/den .

Změny na kostře se projevují lordózou a skoliózou, zvýšenou náchylností ke stresovým zlomeninám a deformacemi operkula a žaberních oblouků. Při absenci vitamínu C je narušeno vyzrávání kolagenu a dochází tedy k zhoršenému hojení ran. Dále se jeho nedostatek projevuje přítomností krvácenin ve svalovině, v játrech, ledvinách a střevě. Tyto krváceniny vznikají díky křehkým cévním stěnám s narušenou stavbou kolagenu. U ryb s deficitem vitamínu C se také můžeme setkat s exoftalmem, anémií, ascitem, anorexií, redukcí růstu a nižší líhnivostí jiker.

### **1.2.6. DEFICIENCE A TOXICITA MINERÁLNÍCH LÁTEK**

Většinu minerálů mohou ryby v určité míře získávat přímo z vody, hlavní výjimkou je fosfor, jenž musí být doplňován v krmivu. Problém bývá v dostupnosti přítomné formy minerální látky. Tato využitelnost může být redukována i různými interakcemi mezi jednotlivými komponenty. Komerčně vyráběná krmiva mívají vysoké množství vápníku nebo popelovin, jež mohou signifikantně ovlivnit využitelnost některých stopových prvků (např. zinku).

Fosfor je jedním z minerálů, které nemohou ryby přijímat z vody. Jeho deficiencie se zpočátku projevuje anorexií, zpomaleným růstem a ztmavnutím těla, ale specifické změny jsou spojené s jeho primární úlohou v mineralizaci kostí, tj. nalézáme deformity hlavy - zejména čelistí, žeber a obratlů. Typickým onemocněním je mandibulární ankyloza u lososů (tzv. Screamer Disease), kdy dochází k ankylose (srůstu) v kloubním spojení spodní čelsti.

Postižené ryby nemhou zavřít čelisti a vypadají jako by “řvaly“. Fosfor je rovněž důležitý v buněčném metabolismu (ATP) a ve formě fosfolipidů je stavební součástí buněčných membrán. Nedostatek je zpočátku kompenzován resorpcí z kostí, čímž se zvyšuje jejich křehkost a lomivost. Dalším minerálem, který může být deficientním zejména díky antagonistickým interakcím v krmivu, je zinek. Nedostatek tohoto prvku je pravděpodobně nejčastěji se vyskytující deficiencí minerálních látek a projevuje se zejména u mladých věkových kategorií lososovitých ryb oboustranným očním zákalem, který bývá doprovázen pomalým růstem a ztmavnutím těla. Zákal čoček je nevratný. Dalšími symptomy spojenými s nedostatkem zinku jsou eroze na ploutvích a kůži, nanismus a nízká líhnivost jiker. Z podobných příčin můžeme docházet k nedostatku manganu. Ten se projevuje deformacemi kostry, redukováním růstem až nanismem, a nízkou líhnivostí. Absence manganu a hořčíku způsobují rovněž zákal čočky. Nedostatek jódu není v současné době aktuálním problémem, ale zejména v dřívějších letech (kdy se pro výrobu krmných směsí používaly odpady živočišného původu) se objevovaly v důsledku jeho nedostatku případy zbytnění štítné žlázy. Toto zbujení rovněž doprovází změny v produkci hormonů štítné žlázy, které ovlivňují především úroveň látkové výměny. Klinicky se zbujení štítné žlázy projeví zduřením mezi oblouky skřelových víček. Přidáním jódu do krmiva nebo do vody se tento stav rychle upraví. Deficience železa způsobuje mikrocytární nebo normocytární hypochromní anémii. Deficience mědi je málo pravděpodobná podobně jako deficience selenu a většinou probíhají subklinicky, ryby mohou mít porušené ploutve a redukováný růst, jsou více vnímavé k bakteriálním onemocněním (např. vibrióze).

Na druhou stranu za chorobné projevy může být odpovědné i nadměrné množství určitých minerálů v krmivu. Podobně jako u nedostatku, i toxický účinek nadbytku minerálů je ovlivněn jejich příjmem a přítomností vápníku. Příjem či přítomnost vápníku má vliv na nedostatek či přebytek jiných minerálů - vysoké dávky vápníku mohou ovlivňovat toxicitu těchto minerálů. Klinické projevy jsou často obecného charakteru a jsou spojené s nutričním syndromem - redukce růstu, špatná konverze živin, často ztmavnutí kůže. Některé prvky vyvolávají nicméně specifické změny (např. olovo – zčernání kaudální části těla, skoliózu; kadmium – hypokalcémie, zvýšená dráždivost, osteoporóza; železo – poškození jater akumulací solí železa, zvýšené množství tuku a snížení obsahu glykogenu, poškození jader hepatocytů; selen – ve vysokých dávkách způsobuje nefrokalcinózu; vápník – vysrážení vápenatých komplexů v ledvinných tubulech (nefrokalcinóza), obstrukce ureterů, tubulární a glomerulární degenerace.

## 2. MYKOTOXIKÓZY

Mykotoxikózy jsou onemocnění, která vznikají zkrmováním krmiva napadeného toxinogenními plísněmi nebo kontaminovaného jejich sekundárními toxickými metabolity - mykotoxiny. Plísňové toxiny se liší toxicitou vůči různým živočišným druhům, ale vesměs jsou toxicitější pro mladší věkové kategorie. Plísně jsou ubikvitární organismy, jež jsou nalézány zejména na obilných a olejních semenech. Mezi nejčastěji se vyskytující plísně nebezpečné produkci mykotoxinů patří rod *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium*. *Fusarium* sp. sice produkuje mykotoxiny (např. fumonisin B1), ty se ale díky nárokům na podmínky prostředí nejvíce uplatňují u teplomilných ryb. Určité druhy rodu *Penicillium* produkují např. ochratoxin A, který poškozuje ledviny a játra. Z hlediska chovu lososovitých ryb má největší význam rod *Aspergillus* produkující zejména aflatoxiny.

### 2.1 AFLATOXIKÓZA

Vzniká konzumací krmiv s obsahem aflatoxinů, což jsou termostabilní metabolity produkované zejména druhy *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus*. Ty rostou nejlépe na plodinách obsahujících olej (arašídý). Produkovaných aflatoxinů je více druhů – B1, B2, G1 a G2, nejtoxicitější je B1. Vnímavost ryb k tomuto toxinu je druhově odlišná a je závislá na zapojení detoxikačních systémů (glukuronyltransferázový, sulfotransferázový), některé teplomilné ryby (např. *Ictalurus punctatus*) jsou výrazně odolnější. Naopak nejcitlivější k aflatoxinům je pstruh duhový, který patří mezi vůbec nejvnímavější druhy živočichů, stejně jako např. kachňata, králíci, psi, morčata, aj., pro něž je  $LD50 \leq 1 \text{ mg.kg}^{-1}$  živé hmotnosti.

Průběh onemocnění je závislý na dávce toxinu, době působení a věku ryb. Mladé věkové kategorie jsou citlivější než dospělé ryby. Vyšší dávky způsobují akutní toxický syndrom s přítomností množství fokálních nekrotických ložisek v játrech, s branchiálním edémem a s hemoragickým syndromem, končícím až 100% mortalitou. Nižší dávky a dlouhodobé působení aflatoxinu způsobují neoplastické změny. Tyto změny mají histologicky charakter hepatocelulárního karcinomu (HCC). Nádory mají šedožlutou barvu, jsou na pohmat tuhé, bohatě prokrvené, lokalizované na povrchu i v hloubce jater. Rostoucí nádory obklopují žlučovody, které se stávají hyperplastickými a přilehlá fibrózní tkáň se stává cirhotická. Mohou se objevit i rozsáhlejší nekrosy nádorové tkáně. Dále může dojít i ke vzniku metastáz v dalších orgánech (ledviny, slezina, žebra apod.). Aflatoxin působí rovněž imunosupresivně, inhibuje proteosyntézu, jež vyústí ve snížení produkce určitých buněčných složek (C4 komplementu a lymfokinů), potlačuje fagocytózu zprostředkovanou makrofágy a

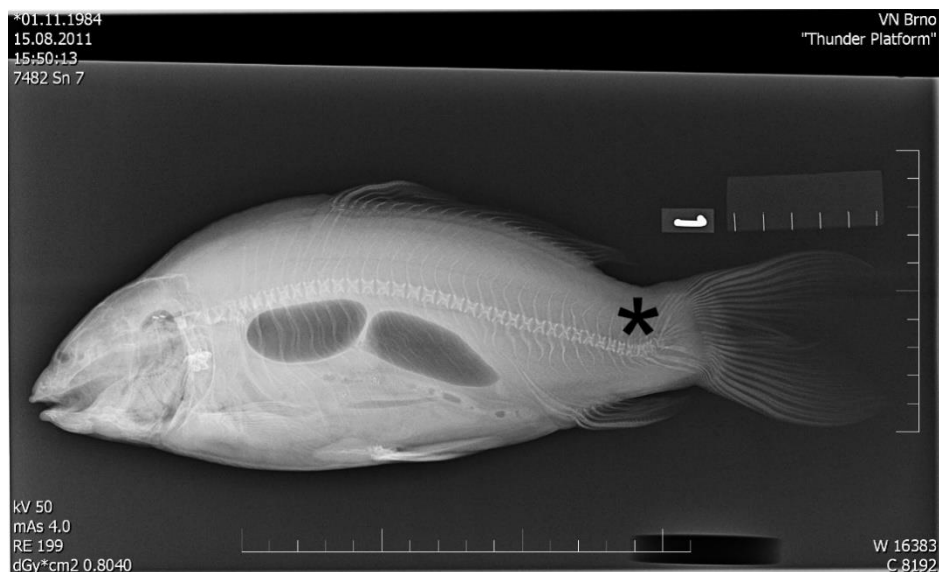
potażmo tak způsobí snížení produkce protilátek B lymfocyty. Z klinických příznaků se objevuje nechutenství, vyhublost, tmavnutí kůže, ztráta rovnováhy, nervové příznaky, hynutí. Někdy mohou být nádorovité změny hmatatelné přes stěnu tělní. Aflatoxiny působí rovněž nepřímým, a to tím, že ničí určitá aditiva v krmivu (vitaminy A, C, thiamin aj.).

Výskyt a produkce aflatoxinů je závislá na podmínkách při sklizni a při skladování. Produkci brání ideální zralost a obsah vody v krmivu do 12 – 14 %, relativní vlhkost do 62 %, a teplota do 27 °C. S tím souvisí i preventivní opatření, která jsou vázána právě na dodržení optimálních podmínek při skladování krmiv (sucho, vzdušnost, nízká teplota). Přítomnost aflatoxinů je možno v krmivu prokázat různými způsoby, např. pomocí monoklonálních protilátek, ELISA metodou, průtokovou chromatografií (HPLC). V literatuře je diskutována možnost přidavku speciálních absorbentů do krmiva, které se vážou s aflatoxiny a tím je činí neschopné vstřebání v trávicím traktu.

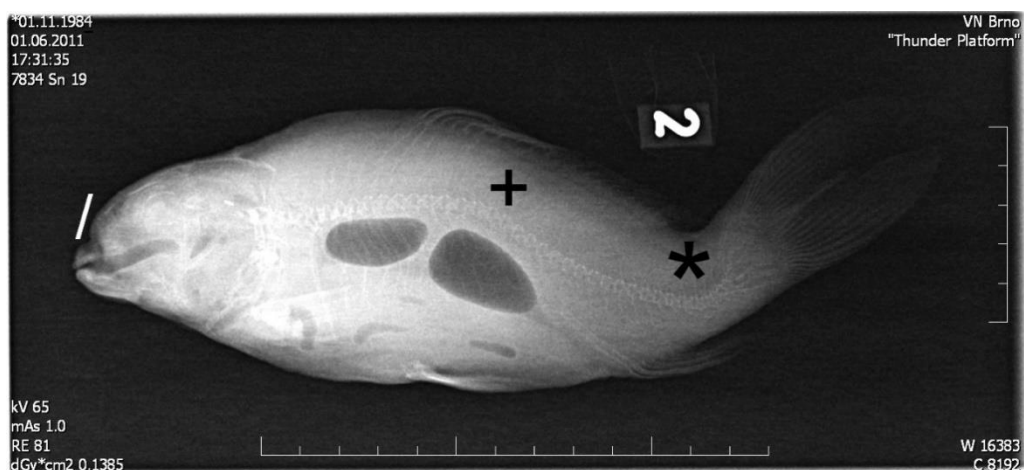
### **3. VÝVOJOVÉ VADY U RYB V INTENZIVNÍCH CHOVECH**

U ryb chovaných v řízených životních podmínkách je běžně pozorována vyšší incidence vývojových vad. Jedním z důvodů je přežívání a růst deformovaných jedinců, kteří by v přirozených podmínkách nebo v polointenzivních chovech, kde jsou přítomni predátoři, nebo kde jsou kladeny vyšší nároky na potravní kompetici, nepřežili. Většina vývojových vad souvisí s deficitem jednotlivých živin a byla zmíněna výše. Největší význam mají tyto deficity v larvální periodě. Patří sem především deformace páteře, žaber, skřelí, ploutví, kůže a oka. Vývojové vady nejsou vždy negativní a některé jsou naopak vyhledávány a dále udržovány. Patří sem zejména chovy okrasných ryb (teleskopky, závojové formy, anomálie v pigmentaci kůže). Existují i vady, které nejsou patrné na první pohled, tedy vady vnitřních orgánů, ty však bývají spojeny s časnou mortalitou v larválním stádiu.

Výskyt vývojových vad nesouvisí jen s nutričními deficitem, ale také s odlišnými podmínkami prostředí, zejména teplotou, množstvím a intenzitou světla, chemizmem vody a imbrední depresí. Rovněž hormonální stimulace generačních ryb je spojována s vadami plynového měchýře a resorbci tukových kapének u plůdku (GnRH u *Sparus aurata*).



Obr. 20: Skiagram kapra z intenzivního chovu (SL 22 cm) s mírnou lordosou (\*) páteře. (Foto Dr. Ladislav Kalas)



Obr. 21: Skiagram kapra z intenzivního chovu (SL 18 cm) s agenezí premaxily a maxily (/), kyfosou (+) a lordosou (\*) páteře. (Foto Dr. Ladislav Kalas)

Nejčastější a nejlépe pozorovatelnou vadou jsou deformace páteře (Obr. 20 a Obr. 21). Jde buď o nadměrné vychýlení do strany, tedy skoliosu, nebo o dorzo-ventrální vychýlení, tedy o kyfosu nebo o ventro-dorzální, tedy lordosu. Tato poškození vznikají v rané ontogenezi poruchou vývoje mesodermu tělových segmentů (somitů). Nutriční příčiny deformací páteře jsou zmíněny v tabulce Tab. 24. Z dalších příčin lze uvést příliš vysokou nebo příliš nízkou teplotu při odchovu raného plůdku, zejména jedná-li se o náhlé změny teploty. Příliš vysoká teplota je také zmiňována jako příčina vzniku deformací lebky a ploutví. Z toxických látek jsou tyto změny popisovány po expozici organofosfátům, karbamátům, těžkým kovům a malachitové zeleni.

Tab. 24: Nejčastější příznaky způsobené poruchami ve výživě

<b>Deformace páteře</b>	deficit	tryptofan, Mg, P, vit. C, esenciální MK
	toxická	Pb, Cd, Al a nízké pH vody, leucin, vit. A, peroxidované lipidy
<b>Katarakta</b>	deficit	methionin, tryptofan, Zn, Mg, Cu, Se, Mn, vit. A, B <sub>2</sub>
	toxická	cholin, peroxidované lipidy
<b>Eroze/ulcerace ploutví</b>	deficit	lysin, tryptofan, Zn, B <sub>2</sub> , inositol, niacin, vit. C
	toxická	Pb, vit. A
<b>Lipidosa jater</b>	deficit	cholin, esenciální MK
	toxická	peroxidované lipidy
<b>Exoftalmus</b>	deficit	kys. panthotenová, niacin, kys. listová, vit. A, E
	toxická	peroxidované lipidy
<b>Krváceniny v kůži</b>	deficit	kys. panthotenová, niacin, inositol, vit. B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , C, A, K
	toxická	peroxidované lipidy

Vývojové vady oka zahrnují zákal rohovky, čočky, tvarové abnormality bulbu, exoftalmus a jejich nejčastější příčinou jsou nutriční deficity. Vitamin C hraje významnou roli ve formování chrupavčité výztuže bulbu a jeho deficit vede k tvarovým abnormalitám oka. Deficit vitamínu A způsobuje exoftalmus, zákal rohovky a degeneraci sítnice. Thiamin, resp. jeho deficit má za následek zákal rohovky a riboflavin zákal rohovky i čočky. Zákal čočky, tedy katarakta, je spojován také s deficitem sírných AA, tryptofanu a zinku. Tato poškození mohou vést k významnému zhoršení zraku (*ambliopia*) až ke slepotě (*amaurosis*), která znesnadňuje vyhledávání potravy a narušuje cirkadiální rytmy, což může vést k poruchám funkce štítné žlázy, jejíž hormony zásadním způsobem ovlivňují metabolismus.

#### 4. VLIVY PROSTŘEDÍ NA ZDRAVOTNÍ STAV RYB CHOVANÝCH V INTENZIVNÍCH PODMÍNKÁCH

S rozvojem intenzivního chovu ryb v řízených podmínkách souvisí vznik „nových“ onemocnění vyplývajících z pobytu ryb v nepřírodných podmínkách. Už samotný pobyt ryb v chovných nádržích zvyšuje riziko mechanického poškození ryb o stěny nádrže, zvláště při stresových situacích. Jakékoliv mechanické poškození kůže, resp. ochranné hlenové vrstvy, pak může být vstupní branou pro patogenní agens. S tím souvisí i relativně častá manipulace s rybami a zvýšené riziko abraze kůže. Koncentrace kyslíku a funkce filtračního zařízení je závislá na přívodu elektrického proudu. Při výpadku elektřiny dochází velmi rychle ke vzniku život ohrožujících situací, tedy kyslíkovému deficitu a přesycení vody produkty metabolismu, zejména dosažení kritických koncentrací metabolitů dusíku (amoniak, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>).

Negativní vliv umělých podmínek lze vysledovat již v období inkubace a líhnutí jiker. Recirkulace vody v inkubačních aparátech umožňuje opakovaný kontakt jiker s infekčními

agens, která se mohou ve vodě nacházet (bakterie, plísně) a tím se zvyšuje riziko infekce. Vykulený plůdek je také velmi citlivý na náhlé změny teploty, ke zvýšené hladině železa ve vodě, hypersaturaci vzduchem (*gas bubble disease*) a nízké koncentraci kyslíku rozpuštěného ve vodě. Poškození žloutkového váčku může být kritické pro přežití plůdku. Jsou popsána spongiosa a proliferativní dermatitida v oblasti žloutkového váčku, projevující se jako tečkovité bílé léze v oblasti žloutkového váčku po expozici chemoterapeutikům. Nadměrná expozice světlu, akumulace toxických produktů metabolismu a mechanické poškození během transportu může vést k tzv. *blue sac disease*, kdy dochází k akumulaci tekutiny s modravým nádechem mezi žloutkovým váčkem a tělní stěnou plůdku. Každé poškození žloutkového váčku vede k snadnější infekci plísněmi. Tomuto poškození lze předcházet koupelemi jiker v jodových preparátech, ty však zase vedou k snížené líhnivosti.

Vysoká koncentrace ryb a jejich metabolitů, zbytky potravy a výkalů a vysoká koncentrace železa jsou nejrizikovějšími faktory vyšší incidence bakteriálních onemocnění ryb v intenzivních chovech. Jde zejména o bakteriální zánět žaber (*bacterial gill diseases*, BGD) v této souvislosti označovaný také jako *environmental gill disease* a kolumnarózu.

Vysoká koncentrace oxidu uhličitého a fosfátů ve vodě může u lososovitých vést k ukládání krystalů solí vápníku v distálních tubulech a sběrných kanálcích ledvin, tedy k nefrokalcinose. Klinicky pozorovaným příznakem při nefrolithiase je exoftalmus, který však můžeme pozorovat u mnoha dalších onemocnění.

Kožní onemocnění, které se uvádí v souvislosti s faktory prostředí je i tzv. *strawberry disease* neboli ***red mark syndrome (RMS)*** u lososovitých a zejména u pstruhů duhových v intenzivních chovech. Projevuje se jako ohraničené, zarudlé, později ulcerující, proliferující kožní útvary (podobné jahodě – strawberry) o velikosti 1-2 cm, nejčastěji v okolí postranní čáry. Jako etiologické agens se v současnosti popisuje bakterie *Flavobacterium psychrophilum* v kombinaci s negativními faktory prostředí intenzivních chovů.

Důsledkem chronického stresu v akvakulturách s výrazným přerybněním nádrží je i zvýšená agresivita ryb, opět pozorovaná zejména u pstruhů duhových. Důsledkem je okusování ploutví (*fin nipping, soreback*) a následné bakteriální a mykotické dermatitidy.

Peletovaná krmiva mohou v období nízkých teplot způsobovat obstrukce trávicího traktu neboť nedochází k jejich dokonalému rozmělnění v žaludku lososovitých ryb. Částečně rozmělněné pelety pak zůstávají zaklíněny před pylorickým svěračem. Logickým důsledkem této obstrukce je hladovění a úhyn.

U lososovitých ryb krmených dietou bohatou na sojový protein je popisována subakutní enteritida. Přesný mechanismus vzniku není znám, ale pravděpodobně se jedná o

hypersenzitivitu na sojovou bílkovinu s následným imunitním zánětem. Zánět spontánně vymizí do několika týdnů po vysazení krmiva s obsahem sojy.

## **5. TOXICITA LÉČIV POUŽÍVANÝCH V AKVAKULTURÁCH**

Ryby v intenzivních chovech jsou často vystavovány působení chemikálií při léčebných koupelích, často používaných bez vědomí veterinárního lékaře, tedy mnohdy i v neopodstatněných případech a v nevhodných koncentracích. S tím je spojena celá řada poškození v závislosti na druhu léčiva. K nejpoužívanějším patří formalín, chloramin T a B, modrá skalice, sůl, organofosfáty a celá řada antibiotik.

Velmi často dochází k předávkování léčiv, resp. nerespektování chemizmu vody, ve které jsou ryby chovány (zejm. teplota, pH, koncentrace kyslíku) a k nedodržení času expozice léčivu. Je tedy vhodné před každou aplikací do chovné nádrže provést tzv. test snášenlivosti v malé nádrži na malé skupině jedinců v definovaném čase. Je například známo, že nízká tvrdost vody zvyšuje toxicitu chloraminu a modré skalice, nižší salinita a nízké pH spolu s vysokou teplotou vody zvyšuje toxicitu formalínu. Velký význam pro vstup chemikálií do organismu mají žábry. Při jejich poškození nebo při poškození hlenové vrstvy na žaberním epitelu dochází k průniku mnohem větších koncentrací než u žaber nepoškozených, a tím ke zvýšenému riziku intoxikace aplikovanou látkou. Stejně tak kožní léze (eroze, ulcerace) vedou k mnohem vyššímu průniku chemikálií do těla ryb.



## C. SEZNAM LITERATURY

Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B., Rulík, M., 2010: *Aplikovaná hydrobiologie*. JU v Českých Budějovicích, FROV, 350 s.

Barton BA. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integr Comp Biol*. 2002 Jul;42(3):517-25.

Barton, B. A. 1997. Stress in finfish: past, present and future – a historical perspective. In: Iwama, G. K., Pickering, A. D., Sumpter, J. P. & Schreck, C. B. (eds). *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Cambridge University Press, Cambridge.

Dabrowski, K., 1984. The feeding of fish larvae: present “state of the art” and perspectives. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 24(6):807-833.

Filipiak, J., Sadowski, J., Trzebiatowski, R., 1997: Komparative analysis of results of using different food ration in juvenile wels (*Silurus glanis*) culture. *Acta Ichtyol. et Piscatoria*, vol. 27, 1, 41-51

Filipiak, J., Sadowski, J., Trzebiatowski, R., 1998b: Comparing results of carp (*Cyprinus carpio* L.) and wels (*Silurus glanis* L.) cultures involving different metabolit food rations. *Fol. Univ. Agric. Stetin*, 184 Piscaria (24): 15-26

Halver, J. E. (2002) The vitamins. In: Halver, J. E. and Hardy, R. W. (eds) *Fish Nutrition*, 3rd edn. Academic Press, San Diego, California, pp. 61–141.

Halver, J. E., Hardy, R. W., (eds.), 2002. *Fish nutrition*. Third Edition, Academic Press, Elsevier Science, 824 s.

Hardy, R., W., Barrows, F., T., 2002: Diet formulation and manufacture. In: Halver, J. E., Hardy, R. W., (eds.), 2002. *Fish nutrition*. Third Edition, Academic Press, Elsevier Science, 505 - 600

Hertrampf, J., W., Peidad-Pascual, F., 2000: *Handbook on ingredients for aquaculture feeds*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 573 s. ISBN 978-1-4020-1527-4.

- Cho, C. Y., 1992. Feeding system for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture*, 100, 107 – 123
- Jankowska, B., Zakes, Z., Zmijewski, T., Szczepkowski, M., 2003: A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Eur Food Res Technol*, 217: 401-405
- Jankowska, B., Zakes, Z., Zmijewski, T., Ulikowski, D., Kowalska, A., 2007: Slaughter value and flesh characteristics of European catfish (*Silurus glanis*) fed natural and formulated feed under different rearing conditions. *Eur Food Technol*. 224: 453 – 459 DOI 10.1007/s00217-006-0349-2
- Jirásek, J., Baruš, V., Hamáčková, J., Kouřil, J., Mareš, J., Peňáz, M., Prokeš, M., 1998: *Biologické a technologické aspekty chovu sumce velkého (Silurus glanis) v podmínkách ČR*. Záv. Zpráva projektu NAZV č. IE 5139, Brno, 58 s.
- Jirásek, J., Mareš, J. 2005: Technologické a nutriční aspekty chovu lína obecného (*Tinca tinca* L.). *Bulletin VÚRH Vodňany*. 2005. sv. 41, č. 1, s. 32-43.
- Jirásek, J., Mareš, J., 2001. Výživa a krmení raných vývojových stádií kaprovitých ryb – II. *Bulletin VÚRH Vodňany*, 37, 2, 60 – 75. ISSN 0007-389X
- Jirásek, J., Mareš, J., Zeman, L. 2005. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby*. MZLU v Brně, 2. Doplněné vydání, 70 s. ISBN 80-7157-646-8
- Mareš, J., 2006: *Chovatelské a nutriční aspekty odchovu raných stádií kapra obecného (Cyprinus carpio L.)*. Habilitační práce, MZLU v Brně, 155 s.
- Mareš, J., Brabec, T., Lang, Š., Kopp, R., Jarošová, A., 2011: *Ovlivnění nutriční hodnoty svaloviny candáta obecného (Sander lucioperca) podmínkami chovu*. Technická zpráva, Pilotní projekt OP Rybářství CZ.1.25/3.4.00/10.00323, 26 s.
- Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., Jarošová, A., 2010: Pstruh duhový-tradiční lososovitá ryba na našem trhu, nutriční parametry a senzorické vlastnosti. *Maso*. 2010. sv. 7, č. 2, s. 59-63.
- Mareš, J., Kopp, R., Brabec, T., Lang, Š., 2012: *Intenzivní chov candáta obecného: vliv technologie chovu na kvalitu jeho svaloviny*. In HŮDA, J. Sborník referátů konference 2012

Intenzivní metody chovu ryb a ochrana kvality vod. 1. vyd. Třeboň: Rybářství Třeboň a.s., 2012, s. 41-49. ISBN 978-80-260-1432-4.

Mareš, J., Wognarová, S., Spurný, P., 2004: *Konzumní hodnota sumce velkého (Silurus glanis L.) z podmínek intenzivního chovu*. In: VYKUSOVÁ, B. (ed.) VII. Česká ichtyologická konference, sborník příspěvků z konference, JU VÚRH Vodňany, s.255-258. ISBN 80-85887-50-9

NRC (National Research Council) 2011. *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academic Press, Washington DC, USA. 376 s. ISBN – 13: 978-0-309-16338-5

Ostroumova, I. N., 1983. *Potrěbnost' ryb v belke i jeho osobnosti u ličinek v svjazu s etapami piščevaritělnoj funkcii*. Sbor. nauč. tr. Gosniorch, 194: 3 – 19

Pokorný, J., Adámek, Z., Šrámek, V., Dvořák, J., 2003: *Pstruhařství*. 3. přepracované vydání, Informatorium, Praha, 281 s. ISBN 80-7333-022-9.

Příhoda, J., 2006: *Chov lososovitých ryb*. STYLE. ISBN 80-969033-4-9

Selye, H. 1936. A syndrome produced by diverse nocious agents. *Nature*, 138:32-32.

Spurný, P., 1998: *Ichtyologie (obecná část)*. Skripta MZLU Brno, 142 s. ISBN 80-7157-341-8

Steffens, W. 1989. *Principles of fish nutrition*. England, John Wiley & Sons. Inc., 379 s.

Zakes, Z., Jankowska, B., Szczepkowski, M., Zmijewski, T., 2008a: Wplyw warunków podchowu na watość rzeźna i jakość miesa lina (*Tinca tinca*). *Komunikaty rybackie*, 3, 17-20

Zakes, Z., Jankowska, B., Zmijewski, T., Szczepkowski, M., 2008b: Wplyw zywienia na wydajność rzeźna i podstawowy sklad chemicky filetów okonia (*Perca fluviatilis*). *Komunikaty rybackie*, 4, 7-10



<b>Autor</b>	Prof. Dr. Ing Jan Mareš, Doc. Ing. MVDr. Ladislav Novotný, Ph.D. Doc. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D.
<b>Název titulu</b>	Akvakultura – základy výživy a krmení ryb
<b>Vydavatel</b>	Mendelova univerzita v Brně Zemědělská 1, 613 00 Brno
<b>Vydání</b>	První, 2015
<b>Náklad</b>	200 ks
<b>Počet stran</b>	108
<b>Tisk</b>	ASTRON studio CZ, a.s.; Veselská 699, 199 00 Praha 9 Neprošlo jazykovou úpravou.
<b>ISBN</b>	978-80-7509-336-3

Tato publikace je spolufinancována z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Byla vydána za podpory projektu OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0302 Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU směřující k vytvoření mezioborové integrace.



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ