



Miroslava Palíková, Jan Mareš, Ivana Mikulíková, Zuzana Lepková,
Ivana Papežíková, Lucie Všetická, Hana Bandouchová,
Eva Poštulková

Optimalizace použití krmiv pro pstruha duhového s přísádky ovlivňující jejich zdravotní stav

Certifikovaná metodika R27/2026

Mendelova univerzita v Brně
Veterinární univerzita Brno



Miroslava Palíková, Jan Mareš, Ivana Mikulíková, Zuzana Lepková,
Ivana Papežíková, Lucie Všetičková, Hana Bandouchová,
Eva Poštulková

Optimalizace použití krmiv pro pstruha duhového s přídávky ovlivňující jejich zdravotní stav

Certifikovaná metodika R27/2026

Brno, 2026

Metodika je realizačním výstupem výzkumného projektu MZe ČR NAZV QK21010030 „Globalizace, moderní technologie a změna klimatu jako zdroje nových možností a ohrožení pro chovný management lososovitých ryb“ (100 %).

Oponenti:

Ing. Štěpán Lang, Ph.D. – odborník v daném oboru, Trouw Nutrition Biofaktory Na Chvalce 2049 Praha 9 - Horní Počernice, technický poradce
MVDr. Jana Kozáková, Ph.D. – posudek za státní správu, Krajská veterinární správa Státní veterinární správy pro JMK, Palackého třída 174, 612 38 Brno

Smlouva o uplatnění metodiky:

BioFish s.r.o. se sídlem Pravíkov 29, 394 70 Kamenice nad Lipou

Osvědčení o uznání uplatněné certifikované metodiky R27/2026 MZE-5786/2026-16232/Nmet CERTIFIKOVANÁ METODIKA ze dne 5. 2. 2026.

Podíl autorů:

prof. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D. (35 %)
prof. Dr. Ing. Jan Mareš (25 %)
MVDr. Ivana Mikulíková, Ph.D. (10 %)
MVDr. Zuzana Lepková (5 %)
doc. MVDr. Ivana Papežíková, Ph.D. (10 %)
Ing. Lucie Všeticková, Ph.D. (5 %)
doc. MVDr. Hana Bandouchová, Ph.D., ECZM (5 %)
Ing. Eva Poštulková, Ph.D. (5 %)

Adresa autorského kolektivu:

prof. MVDr. Miroslava Palíková, Ph.D.^{1,2}, MVDr. Ivana Mikulíková, Ph.D.^{1,2},
MVDr. Zuzana Lepková¹, doc. MVDr. Ivana Papežíková^{1,2}, Ph.D.,
doc. MVDr. Hana Bandouchová, Ph.D., ECZM¹, prof. Dr. Ing. Jan Mareš²,
Ing. Lucie Všeticková, Ph.D.², Ing. Eva Poštulková, Ph.D.²

¹Veterinární univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Ústav ekologie a chorob zoonózií, zvěře, ryb a včel, Palackého třída 1946/1, 612 42 Brno, www.vetuni.cz

²Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav zoologie, rybářství a hydrobiologie, Oddělení rybářství a hydrobiologie, Zemědělská 1, 613 00 Brno, www.rybarstvi.eu

© Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

ISBN 978-80-7701-078-8

OBSAH

I. CÍL METODIKY	4
II. POPIS METODIKY	4
a. Stručný přehled aditiv ovlivňujících zdravotní stav ryb	4
b. Přídavek selenu a zinku.....	7
c. Přídavek probiotik	10
d. Přídavek beta-glukanů	14
e. Přídavek klinoptilolitu.....	17
f. Srovnání přísadků a doporučení.....	21
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	23
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	23
V. EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	23
VI. PODĚKOVÁNÍ.....	24
VII. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	24
VIII. SEZNAM PŘEDCHÁZEJÍCÍCH PUBLIKACÍ	26

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je navrhnout optimalizaci složení a dávkování krmiv určených pro pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) s využitím funkčních přísad (např. probiotik, prebiotik, imunostimulantů, antioxidantů), které pozitivně ovlivňují zdravotní stav ryb, na základě výsledků získaných v rámci experimentálních studií. Cílem těchto studií bylo navrhnout vyvážené krmivo podporující růst, zlepšující konverzi krmiva, minimalizující negativní vlivy na zdraví ryb a přispívající k prevenci chorob a vyhodnotit vliv přísad na imunitní odpověď, střevní mikrobiom a celkovou kondici ryb. Tyto nutriční intervence mohou přispět k optimalizaci ekonomické efektivity krmného režimu při zachování vysokých standardů welfare ryb.

II. POPIS METODIKY

a. Stručný přehled aditiv ovlivňujících zdravotní stav ryb

Současné trendy ve výživě lidské populace kladou důraz na produkci kvalitních a zdravých surovin. Pojem zdravá a kvalitní surovina z pohledu konzumenta znamená, že se během chovu nepoužívají nebo je minimalizováno používání léčiv či antiparazitik. V oblasti živočišné výroby je stále více kladen důraz nejen na efektivitu krmiv z hlediska růstové výkonnosti a produkce, ale také na jejich vliv na zdravotní stav a celkovou pohodu chovaných zvířat. Tento přístup je obzvláště důležitý v akvakultuře, kde zdraví ryb přímo ovlivňuje jak produktivitu chovu, tak i jeho ekonomickou a ekologickou udržitelnost. Optimalizace krmných dávek prostřednictvím cíleného využití aditiv představuje významný nástroj pro zlepšení imunity, snižování účinků stresu, podpory zdravého střevního mikrobiomu a prevence chorob, čímž lze mimo jiné omezit používání výše zmíněných látek, zejména antibiotik.

Aktuálně celosvětově řešeným tématem je udržitelnost. Udržitelnost v akvakultuře lze definovat jako postupy, které splňují současné a budoucí společenské potřeby pro výrobu potravin a zároveň nezatěžují životní prostředí. Výše zmíněné skutečnosti, spolu s potřebou udržení vysokého standardu v péči o zdraví a welfare chovaných ryb, nás nutí pokusit se najít alternativní účinné látky, které by se v chovech daly využít a měly nulové vedlejší účinky na organismus a životní prostředí. Při vyšší intenzitě chovu ryb v akvakultuře je prevence chorob prostřednictvím aditiv zlepšujících imunitu ryb téměř nutností. Proto je důležité snažit se najít stále nové a účinnější látky, nejlépe přírodního původu, které by v produkci ryb byly využitelné.

Pozitivní efekt aditiva přitom nemusí mít přímý vliv pouze na produkci, ale může se projevit až při vystavení organismu stresu či onemocnění.

Mezi nejběžněji používaná aditiva do krmiv pro ryby patří probiotika, která příznivě ovlivňují střevní mikrobiotu a posilují imunitní systém (*Lactobacillus*, *Bacillus*, *Saccharomyces*), prebiotika podporující růst prospěšných bakterií ve střevě (oligosacharidy, inulin), rostlinné extrakty pro jejich antimikrobiální, antioxidační a imunostimulační účinky (výtažek z česneku či oregana), organické kyseliny, které snižují pH střevního obsahu a tím brání růstu patogenů (kyselina citronová a mravenčí), antioxidanty, které chrání buňky před oxidačním stresem (vitamin E, Se) a imunostimulanty aktivující specifické a nespecifické imunitní mechanismy (β -glukany).

Tato metodika se zaměřuje na hodnocení a optimalizaci použití krmivých aditiv, konkrétně probiotik, imunostimulantů, zeolitů a antioxidantů. Očekávaný efekt těchto konkrétních aditiv je následující:

- a) probiotika a imunostimulanty (beta-glukany) – podpora střevní mikrobioty, zlepšení trávení a vstřebávání živin, stimulace nespecifické imunity a zvýšení odolnosti proti patogenům (fagocytární aktivity) a zároveň snížení stresu a podpora celkového zdraví a produkce protilátek, což je klíčové zejména v intenzivní akvakultuře jako prevence šíření nemocí.
- b) klinoptilolit je přírodní zeolit s vysokou sorpční kapacitou a schopností iontové výměny – podporuje zdraví střevní mikrobioty, zvyšuje využitelnost živin a minerálů a zároveň může posilovat imunitní funkce ryb, což přispívá k lepšímu růstu a celkovému zdraví.
- c) antioxidanty – snížení oxidačního stresu, ochrana buněčné struktury před poškozením volnými radikály, podpora imunitní funkce a zlepšení růstu a celkového zdraví (celkové zvýšení odolnosti vůči stresu a nemocem). Selen a zinek konkrétně podporují růst, imunitní funkce a antioxidační obranu, zlepšují využitelnost živin a střevní mikrobiotu, přičemž však nadměrné dávky mohou vyvolat metabolický stres.

Tab. 1: Souhrnná tabulka se základními informacemi o používaných aditivech v rámci experimentálních studií

	probiotika	Beta-glukany	klinoptilolit	Se a Zn
aditivum	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> R2 Bioceno1™	beta-1,3- 1,6-glukany z kvasnic	80 % hydratovaného hlinítokřemičitanu sodno-vápenatého a 20 % jílových materiálů	anorganické sloučeniny: Na ₂ SeO ₃ , ZnSO ₄ · 7 H ₂ O
množství aditiva	10 ⁸ CFU/g krmiva	0,2-1 %	1-6 %	Se 1,5/3 mg /1 kg krmiva; Zn 15/30 mg /1 kg krmiva
varianty	1. kontrola (K) 2. pokusná (P) 3. střídavá (PK) 4P+3 K	1. kontrola (K) 2. 0,2 % 3. 0,5 % 4. 1 %	1. kontrola (K) 2. 1 % 3. 2 % 4. 3 % 5. 4 % 6. 6 %	1. kontrola (K) 2. Se 1,5 3. Se 3 4. Zn 15 5. Zn 30 6. Se 3 + Zn 30
nosné krmivo	EFICO Enviro 921 3 mm	EFICO Enviro 921 3 mm	EFICO Enviro 920 Advance 4,5 mm	EFICO Enviro 921 3 mm
množství krmiva / den	2,68 % hmotnosti obsádky	1,5 % hmotnosti obsádky	2,73 %, 2,48 %, 2,25 % hmotnosti obsádky	1,75 % hmotnosti obsádky
počet ryb ve skupině	100	17	15	15
opakování	3	4	2	3
počet týdnů krmného testu	7	8	7	6
počet týdnů infekčního testu	3	5	0 akutní stres	5

b. Přídavek selenu a zinku

Bylo testováno 6 variant krmiv bez/s přísávkou selenu nebo/a zinku na pstruhovi duhovém. Všechny varianty byly nasazeny v triplikátech v počtu 45 ryb na jednu variantu, tj. 15 ryb na 1 skupinu. Varianty: kontrolní krmená standardním krmivem (C), dvě skupiny s přísávkou selenu v množstvích 1,5 / 3 mg na 1 kg krmiva (Se 1,5; Se 3), dvě skupiny s přísávkou zinku v množstvích 15 / 30 mg na 1 kg krmiva (Zn 15; Zn 30) a jedna skupina s přísávkou selenu v množství 3 mg a zinku v množství 30 mg na 1 kg krmiva (Se 3+Zn 30). Každá skupina byla odchováána v 80 litrové nádrži. Po nasazení probíhala 14denní adaptace, poté byly ryby krmeny krmivem bez/s přísávkou selenu nebo/a zinku podle varianty po dobu 6 týdnů. Krmení probíhalo 3× denně v množství 1,75 % hmotnosti rybí obsádky. Kontrolní vážení a úprava krmné dávky probíhaly vždy po 14 dnech. Po celou dobu experimentu byla kontrolována kvalita vody a měřeny základní biochemické parametry (amoniakální dusík, dusitany, chloridy, teplota, množství rozpuštěného kyslíku a pH vody). Po 6 týdnech byla část ryb usmrcena a byly stanoveny kondiční parametry, výtěžnost, hematologické, imunologické a plazmatické ukazatele z krve (Tab. 2). Dále byl vyhodnocen střevní mikrobiom. Zbylé ryby byly infikovány bakterií *Aeromonas salmonicida* formou koupele. Koupel trvala 30 minut a bakterie byly aplikovány v koncentraci 5×10^5 CFU/ml. Po koupeli byly jednotlivé skupiny umístěny do kruhových nádrží o objemu 1 m³ (po 20 kusech ryb) a byly dále krmeny stejným krmivem jako v krmné části po dobu 5 týdnů. Po ukončení pokusu byly ryby usmrceny a byly sledovány hematologické, imunologické a plazmatické ukazatele, byla provedena pitva ryb a kontrolní kultivace ze sleziny. Data z obou fází experimentu byla statisticky vyhodnocena s použitím programu Statistika 14.

Výsledky

Nebyl zjištěn žádný statisticky významný vliv přísávkou Se/Zn ani jejich kombinace na kondiční a produkční parametry ryb. Statisticky významné rozdíly hematologických, imunitních a plazmatických parametrů jednotlivých skupin ryb s přísávkou mikroprvků a jejich kombinace oproti kontrole jsou uvedeny v Tab. 3. Tabulka 4 uvádí signifikantní ovlivnění sledovaných parametrů jednotlivých variant vlivem experimentální infekce.

Tab. 2: Sledované parametry ryb

Kondiční a produkční parametry (sledovány pouze v první fázi pokusu)	celková (TL) a standardní délka (SL), celková hmotnost (W), hmotnost ryby bez vnitřností, hmotnost jater a hmotnost sleziny; Fultonův koeficient (Fc), konverze krmiva (FCR), specifická rychlost růstu (SGR), hepatosomatický index (HSI), splenosomatický index (SSI)
Hematologické parametry	hemoglobin (Hb), celkový počet erytrocytů (RBC), hematokrit (Ht), střední barevná koncentrace (MCHC), střední objem erytrocytu (MCV), hemoglobin erytrocytu (MCH)
Imunitní parametry	celkový počet leukocytů (WBC), oxidativní vzplanutí periferních fagocytů (CL – integrál; PT – peak-time), titr specifických protilátek (xL)
Plazmatické parametry	alaninaminotransferáza (ALT), aspartátaminotransferáza (AST), alkalická fosfatáza (ALP), albumin (ALB), cholesterol (CHOL), kreatinin (CREA), glukóza (GLU), urea (UREA), celkové bílkoviny (TP), triacylglyceroly (TAG), kalcium (Ca), anorganický fosfor (iP), hořčík (Mg), laktátdehydrogenáza (LDH)

Tab. 3: Vliv přídavku Se/Zn a jejich kombinace na hematologické, imunologické a plazmatické parametry. Statisticky významné rozdíly variant s přídavkem oproti kontrolní skupině ($p < 0,05$).

Skupina/parametry		hematologické	imunologické	plazmatické
Se 1,5	krmná č.			
	infekční č.			
Se 3	krmná č.	↑RBC; ↓MCV; ↓MCH	↑PT	
	infekční č.	↓Hb; ↓MCHC		
Zn 15	krmná č.		↑PT	↑Mg
	infekční č.	↓MCHC	↓CL	↑TP, ↑UREA
Zn 30	krmná č.		↑PT	↑GLU; ↓iP
	infekční č.			
Se 3 + Zn 30	krmná č.		↑PT	↓iP
	infekční č.	↓Hb		

Tab. 4: Porovnání hematologických, imunologických a plazmatických parametrů ryb krmených krmivem s přidávkou mikroprvků a ryb, které současně s podáváním mikroprvků prodělaly experimentální infekci *Aeromonas salmonicida* (vliv challenge na jednotlivé varianty). V tabulce jsou uvedeny parametry, u kterých byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,05$).

Skupina/ parametry	hematologické	imunologické	plazmatické
C	↑RBC; ↑Ht; ↓MCHC	↑fagocytů a ↓lymfocytů (%); ↑CL	↓ALP; ↓AST; ↓CHOL; ↑GLU; ↓Mg; ↓TP; ↓TAG; ↓UREA
Se 1,5	↑HCT; ↑MCV; ↓MCHC		↓AST; ↓CHOL; ↑GLU; ↓Mg; ↓TP; ↓TAG; ↓UREA
Se 3	↓MCHC; ↑MCV	↑CL (včetně přepočítané na 1000 fagocytů)	↓AST; ↓CHOL; ↑GLU; ↓Mg; ↓TP; ↓TAG; ↓UREA
Zn 15	↑Ht; ↓MCHC; ↑MCV		↓AST; ↓CHOL; ↑GLU; ↓Mg;
Zn 30	↓MCHC; ↑MCV	↓WBC; ↓fagocytů (%); ↓lymfocytů (G/l)	↓AST; ↓CHOL; ↓Mg;
Se 3 + Zn 30	↓MCHC; ↑MCV	↓WBC; ↓lymfocytů (G/l)	↓AST; ↓CHOL; ↑GLU; ↓Mg; ↓UREA

Mortalita

Po experimentální infekci *A. salmonicida* nedocházelo u žádné varianty suplementace ryb mikroprvky k hynutí.

Mikrobiom

Samostatná aplikace selenu nebo zinku vedla pouze k mírné modifikaci složení střevního mikrobiomu. U skupiny s přidávkou nižší dávky selenu bylo zjištěno vyšší zastoupení bakterií *Cetobacterium* spp., které jsou považovány za prospěšné, nicméně současně došlo ke snížení zastoupení dalších prospěšných bakteriálních taxonů (zejména laktobakterií), což by mohlo vést k narušení funkcí bakteriální komunity (Ferguson a kol., 2010). Kombinovaná aplikace obou stopových prvků vedla k významnému snížení diverzity střevní mikrobiální komunity. Redukce v počtu taxonů v rámci mikrobiální komunity střeva je považována za negativní efekt, který v extrémních případech může vést až k rozvoji dysmikrobie. Účinek obou mikroprvků může být závislý i na aktuálním složení mikrobioty, zejména z hlediska schopnosti využít selen a zinek a odolnosti vůči vyšším koncentracím obou

prvků. V případě aplikace obou mikroprvků je nutné vzít v úvahu možné aditivní nebo multiplikační účinky či vzájemné interakce látek (Feroci a kol., 2005). Vzhledem k negativnímu vlivu na bakterie mléčného kvašení by bylo možné v další fázi otestovat současnou aplikaci selenu a zinku v kombinaci s vhodnými probiotickými kmeny laktobakterií.

Závěr

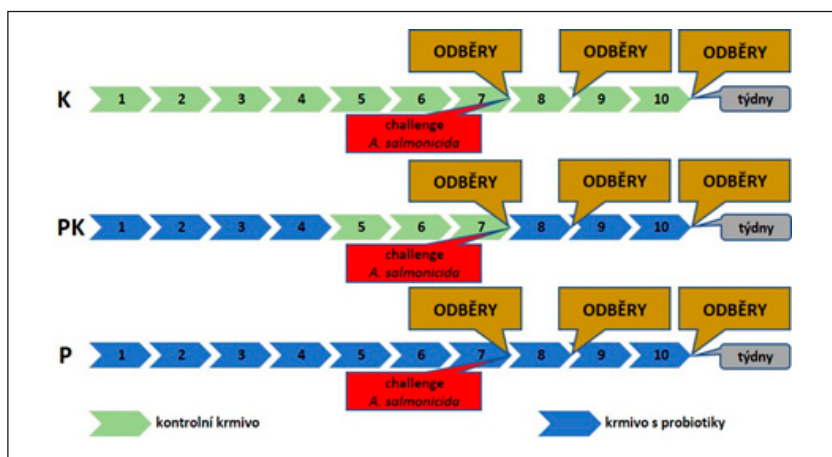
U ryb bez zátěže se nejlépe projevil přídavek selenu v dávce 3 mg/kg krmiva, kdy došlo ke statisticky významnému ovlivnění ukazatelů červeného krevního obrazu a k rychlejšímu nástupu oxidativního vzplanutí periferních fagocytů. Po experimentální infekci se vliv přídatku prvků neprokázal. U skupiny s přídatkem vyšší dávky selenu došlo k podobným změnám jako u kontrolní skupiny. Naopak kombinace obou prvků a přídavek vyšší dávky zinku se projevil snížením některých imunitních parametrů.

c. Přídavek probiotik

Byl testován potenciálně probiotický kmen *Lactiplantibacillus plantarum* R2 Biocenol™ (CCM 8674), který byl izolován ze střeva zdravého pstruha duhového. Koncentrace mikroorganismů 10^8 CFU/g krmiva byla zvolena na základě výsledků předchozích experimentů provedených na lososu atlantském (*Salmo salar*). Mikroorganismy byly přidány do komerčního peletovaného krmiva EFICO Enviro 921 3 mm (BioMar, Dánsko) ve formě vrstvy škrobového hydrogelu. Pokus byl zahájen po 14denní aklimatizaci ryb (monosexní populace pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*), hmotnost 95–126 g). Ryby byly krmeny třikrát denně v celkovém množství krmiva 2,68 % hmotnosti rybí obsádky. Parametry kvality vody (teplota, koncentrace kyslíku ve vodě, pH) byly kontrolovány dvakrát denně, jednou denně byly odebírány vzorky vody k určení koncentrace amoniakálního dusíku, dusitanů a chloridů. Světelný režim byl nastaven na 14 h světla a 10 h tmy. Opakovaně proběhlo kontrolní vážení ryb a úprava krmné dávky. V první (krmné) části experimentu byly ryby po 100 ks umístěny v devíti 1000 l nádržích uspořádaných ve 3 samostatných recirkulačních systémech. Ke každé krmné variantě byla 3 opakování. Varianty byly následující (Obr. 1) – kontrola (K), skupina krmená nejprve obohacenou dietou po dobu 4 týdnů, následující 3 týdny kontrolním krmivem bez přídatku mikroorganismů (PK) a skupina krmená obohacenou dietou po dobu 7 týdnů (P). Po 7 týdnech proběhly odběry vzorků krve a kaudálního úseku střeva. Byly stanoveny růstové a produkční ukazatele (ryby nebyly značeny, nebyla tato data vyhodnocena statisticky), hematologické, biochemické a imunitní parametry

a byl analyzován střevní mikrobiom (Tab. 6). Získaná data byla zpracována programem Unistat statistical software pro Excel 6.5, k hodnocení mikrobiomu byl využit Microbiome Analyst online tool.

V druhé (infekční) části pokusu bylo 100 jedinců z každé experimentální varianty vystaveno *A. salmonicida* kmen 89409 formou 30minutové koupele s koncentrací bakterie $7,33 \cdot 10^5$ CFU/ml. Poté byly ryby umístěny do šesti 1000 l nádrží, z nichž každá představovala samostatný recirkulační systém. Tato část experimentu proběhla ve dvou opakováních (50 ryb na nádrž, celkem 100 ks na variantu). Ryby byly krmeny kontrolním (K) nebo probiotickým krmivem (PK, P, viz Obr. 1). Byla sledována mortalita ryb, 7 dní a 21 dní po challenge byly provedeny odběry vzorků. Oproti krmné části byla provedena kultivace ze sleziny k určení přítomnosti použitého kmene *A. salmonicida*, produkční parametry nebyly hodnoceny. Získaná data byla zpracována stejně jako v předchozí části pokusu. Parametry, které v některé z variant nedosahovaly dostatečného množství vzorků, byly ze statistického hodnocení vyřazeny.



Obr. 1: Schéma experimentu

Tab. 5: Sledované parametry

Produkční a kondiční parametry	celková a standardní délka, celková hmotnost, hmotnost vykuchané ryby, výška těla, šířka těla, hmotnost jater, index vysokohřbetosti, index širokohřbetosti, Fultonův koeficient, Clarkův koeficient, konverze krmiva, specifická rychlost růstu, přírůstek hmotnosti, hepatosomatický index, viscerosomatický index
Hematologické parametry	hemoglobin, celkový počet erytrocytů, hematokrit, střední barevná koncentrace, střední objem erytrocytu, hemoglobin erytrocytu
Imunitní parametry	celkový počet leukocytů, poměr fagocytů a lymfocytů, fagocytární aktivita (oxidativní vzplanutí periferních fagocytů), redukční schopnost plazmy, biopterin, ceruloplasmin, imunoglobulin M, interleukin 10 (IL-10), C-reaktivní protein
Plazmatické parametry	alaninaminotransferáza, aspartátaminotransferáza, alkalická fosfatáza, laktátdehydrogenáza, kreatinkináza, albumin, cholesterol, kreatinin, glukóza, laktát, celková bílkovina, triacylglycerol, vápník, anorganický fosfor, hořčík, chloridy, amoniak 3 tt po challenge: glukóza, celková bílkovina, anorganický fosfor
Střevní mikrobiom	obsah

Výsledky a diskuze

Při skončení krmné části pokusu byly růstové parametry pstruha ovlivněny oběma typy suplementace podobným pozitivním způsobem (Tab. 5). Permanentní suplementace vedla po 7 týdnech ke statisticky významnému zvýšení hematokritu a obsahu hemoglobinu v krvi, a tím navýšení transportní kapacity krve pro kyslík. Modifikace složení střevního mikrobiomu (viz dále) vedla ke změnám v koncentraci plazmatického vápníku a hořčíku (zvýšení u PK) a chloridů (pokles u P), zřejmě v souvislosti s pravděpodobnou změnou pH prostředí střeva díky produkci organických kyselin (kyselina mléčná, octová aj.). Týden po infekci bylo u ryb suplementovaných cyklicky zjištěno snížené množství lymfocytů a pokles intenzity fagocytární aktivity (nikoli však v přepočtu na 1000 fagocytů), o 2 týdny později pokles fagocytů (celkový i v poměru k lymfocytům). V obou skupinách ryb s probiotiky v dietě byla 3 týdny po infekci zjištěna ve srovnání s kontrolou nižší hladina IgM, ve skupině s cyklickým dodáváním *L. plantarum* došlo ke snížení IL-10 a zvýšení celkové bílkoviny (Tab. 6). IL-10 se řadí mezi protizánětlivé cytokiny. Při *in vitro* experimentech na primokultuře střevních buněk pstruha

duhového ošetřených totožným kmenem *L. plantarum* došlo ke zvýšení exprese IL-10, při ošetření primokultury *L. plantarum* s následnou infekcí *A. salmonicida* se exprese IL-10 významně nelišila od neošetřené kontroly ani buněk pouze infikovaných *A. salmonicida* (Cingelová Maruščáková a kol., 2021). Ani u jedné z obou testovaných strategií suplementace ryb probiotiky se neprokázal pozitivní účinek na přežití ryb po experimentální infekci *A. salmonicida*, kumulativní mortalita ryb suplementovaných cyklicky byla 10 dní po infekci dokonce statisticky významně ($p < 0,05$) vyšší než u zbylých skupin (K: 46 %, PK: 73%, P:52 %). Vysvětlení nedostatečné ochrany ryb před následky infekce zřejmě spočívá v negativním ovlivnění diverzity střevního mikrobiomu jednodruhovým probiotikem. U skupiny krmené výhradně krmivem s probiotickým kmenem byla zjištěna výrazná dominance této bakterie na úkor ostatních bakteriálních taxonů. Rovněž u ryb krmených v první fázi probiotickým krmivem a následně běžným krmivem (PK) byla pozorována redukce zastoupení některých bakteriálních taxonů, přičemž nejvýraznější úbytek se týkal vzácnějších, méně zastoupených skupin. Po návratu ke kontrolnímu krmivu došlo u dominantních bakteriálních kmenů k částečnému obnovení původního složení střevního mikrobiomu, avšak některé minoritní taxony již nebyly detekovány. Opětné nasazení probioticky obohaceného krmiva vedlo k dalšímu snížení mikrobiální diverzity. Tyto změny mohou mít negativní dopad na stabilitu střevního prostředí i celkovou odolnost ryb vůči stresovým faktorům či patogenům.

Tab. 6: Vybrané produkční parametry 7 týdnů po zahájení pokusu, bez statistického hodnocení

Parametr	K	PK	P
WG	158,88 ± 15,36	172,73 ± 14,09	168,13 ± 3,07
SGR	1,86 ± 0,12	1,97 ± 0,09	1,93 ± 0,02
FCR	1,13 ± 0,10	1,03 ± 0,08	1,04 ± 0,03

Tab. 7: Statisticky významné rozdíly obou krmných strategií přidavku probiotik do krmné dávky oproti kontrolní skupině ($p < 0,05$)

Skupina/parametry		hematologické	imunologické	plazmatické
PK	krmná č. po 7 tt			↑Mg; ↑Ca
	infekční část 1 t po challenge	↓lymf.	↓CL int.	
	infekční část 3 tt po challenge		↓fag.; ↓IgM; ↓IL-10	↑CB
P	krmná č. po 7 tt	↑Hb; ↑Ht		↓Cl-
	infekční část 1 t po challenge			
	infekční část 3 tt po challenge		↓IgM	

Závěr

Po 7 týdnech aplikace byl u testovaného bakteriální kmene sledován pozitivní trend účinku na produkční parametry pstruha duhového, a to i při přerušení suplementace. Zároveň bylo u kontinuálně suplementovaných ryb zjištěno významné navýšení transportní kapacity krve pro kyslík. Ani jedna z krmných strategií však nevedla ke zvýšení odolnosti ryb vůči infekci *A. salmonicida*, zřejmě v souvislosti se snížením diverzity střevního mikrobiomu. Kumulativní mortalita ryb, kterým bylo probiotikum podáváno přerušovaně, byla dokonce významně vyšší než u zbylých skupin. Pro chovy, které se opakovaně potýkají s furunkulózou lososovitých ryb nepředstavuje v této podobě uvedené krmné aditivum řešení.

d. Přídavek beta-glukanů

Byly testovány 3 varianty krmiva s přídavkem beta-1,3-1,6glukanů z kvasnic v koncentracích 0,2 %, 0,5 %, 1 %. Kontrolní skupina dostávala krmivo bez přídavku beta-glukanů. Pokus proběhl na pstruhu duhovém (*Oncorhynchus mykiss*) ve stáří 4 měsíců. Ryby byly nasazeny v počtu 68 kusů v jedné skupině, každá skupina byla rozdělena do 4 nádrží po 17 rybách. Světelný režim byl nastaven na 14 h světla a 10 h tmy. Po nasazení proběhla 14denní adaptace, samotný krmný pokus trval 8 týdnů. Každá skupina byla odchována v nádrži o objemu 80 litrů. Krmení probíhalo 3× denně v množství 1,5 % hmotnosti rybí obsádky. V průběhu experimentu byla

zjišťována mortalita, změny v chování ryb a v příjmu krmiva, po 8 týdnech pak byla odebrána krev na hematologické vyšetření, vyšetření plazmatických parametrů a imunologické analýzy. Po usmrcení ryb byly stanoveny kondiční a produkční ukazatele a izolována DNA z obsahu a sliznice střeva ryb pro metagenomickou analýzu střevního mikrobiomu. Získaná data byla statisticky vyhodnocena.

Tab. 8: Sledované parametry ryb

Produkční a kondiční parametry	Celková a standardní délka, výška těla, šířka těla, celková hmotnost, hmotnost po vykuchání, hmotnost jater a hmotnost sleziny. Fultonův koeficient, Clarkův koeficient, index vysokohřbetosti, index širokohřbetosti, konverze krmiva, specifická rychlost růstu, váhový přírůstek, hepatosomatický index a splenosomatický index.
Hematologické parametry	Hemoglobin, celkový počet erytrocytů, hematokrit, střední barevná koncentrace, střední objem erytrocytu a hemoglobin.
Imunologické parametry	Celkový počet leukocytů a oxidativní vzplanutí periferních fagocytů (CL – integrál; PT – peak-time).
Plazmatické parametry	Alaninaminotransferáza, aspartátaminotransferáza, alkalická fosfatáza, albumin, cholesterol, kreatinin, glukóza, urea, celková bílkovina, triacylglyceroly, kalcium, anorganický fosfor a hořčík
Střevní mikrobiom	Obsah

Výsledky

Krmivo s nejnižší testovanou koncentrací beta-glukanů nemělo na sledované parametry statisticky významný vliv. U skupiny krmené krmivem s obsahem 0,5 % a 1 % beta-glukanů došlo ke statisticky významnému zvýšení hodnoty hepatosomatického indexu oproti kontrolní skupině. Tento parametr souvisí mimo jiné s množstvím tuku a glykogenu uloženého v játrech. Vliv na specifickou rychlost růstu ani konverzi krmiva nebyl po 8 týdnech suplementace betaglukany pozorován. Výsledky hematologického vyšetření neprokázaly statisticky významné odchylky mezi skupinami v žádném z měřených parametrů. V rámci imunologických parametrů jsme pozorovali ve srovnání s kontrolní skupinou statisticky významné zvýšení celkového počtu leukocytů u skupiny s přidávkou 0,5 % beta-glukanů. Přídavek beta-glukanů v koncentraci 0,5 % a 1 % měl statisticky významný vliv na některé plazmatické parametry ryb. Suplementace beta-glukany

v koncentraci 0,5 % vedla ke statisticky významnému zvýšení hodnot albuminu, vápníku, glukózy, hořčíku, celkové bílkoviny, triacylglycerolů a urey vůči kontrolní skupině. Skupina s přidavkem 1 % beta-glukanů vykazovala oproti kontrolní skupině statisticky významné zvýšení hodnot albuminu, vápníku, glukózy a urey.

Tab. 9: Vliv přidavku beta-glukanů na testované parametry. Jsou uvedeny parametry, u kterých byly zjištěny statisticky významné rozdíly vůči kontrolní skupině ($p < 0,05$)

Skupina/parametry	produkční	hematologické	imunologické	plazmatické
betaglukany 0,2 %				
betaglukany 0,5 %	↑HSI		↑WBC	↑ALB; ↑Ca; ↑GLU; ↑Mg; ↑TP; ↑TAG; ↑UREA
betaglukany 1 %	↑HSI			↑ALB; ↑Ca; ↑GLU; ↑TAG;

Mikrobiom střeva

Aplikace beta-glukanů v krmivu nevedla k narušení druhové bohatosti střevního mikrobiomu pstruha duhového, což dokládají srovnatelné hodnoty alfa diverzity (Shannonův index, Chao1) i absence signifikantních rozdílů v beta diverzitě mezi skupinami. Stabilita druhové rozmanitosti je pozitivním zjištěním, protože ukazuje, že beta-glukany nepůsobí jako stresor vedoucí k úbytku klíčových taxonů. Změny pozorované v rámci bakteriální komunity se proto týkají především kvalitativního složení, nikoli celkové diverzity.

U ryb krmených krmivem s nejvyšší dávkou beta-glukanů byla zjištěna vyšší abundance bakterií z řádu Bacillales, což je skupina zahrnující řadu druhů s probiotickým a imunomodulačním účinkem. Zástupci Bacillales jsou schopni produkovat trávicí enzymy, vytvářet antimikrobiální látky a přispívat k posílení nespecifické imunity hostitele. Jejich zvýšené zastoupení tak může naznačovat zvýšení kolonizační rezistence a celkovou podporu funkčního stavu střevního ekosystému.

Pozitivním zjištěním je také nárůst bakterií rodu *Cetobacterium*, které patří k funkčně nejdůležitějším taxonům rybního mikrobiomu. *Cetobacterium* se podílí na efektivním trávení, ovlivňuje metabolické procesy, produkuje vitamín B₁₂ a přispívá k modulaci imunitní odpovědi. Jeho vyšší zastoupení bývá spojováno s lepší kondicí a metabolickým zdravím ryb. Pozorovaný nárůst tohoto rodu u skupiny s beta-glukany naznačuje, že doplňky stravy

mohou vytvářet prostředí, které podporuje růst prospěšných mikroorganismů zajišťujících důležité funkce hostitelského organismu.

Naopak v kontrolní skupině bez suplementace beta-glukanů převažoval rod *Peptostreptococcus* a *Clostridium* sensu stricto 1. Některé zástupce těchto taxonů lze považovat za oportunní mikroorganismy, jejichž zvýšené množství může souviset s méně stabilním nebo méně efektivním fermentačním profilem střeva. Relativní ústup těchto taxonů u ryb krmených beta-glukany proto může být interpretován jako posun směrem k funkčně příznivějšímu složení mikrobiomu.

Závěr

Ze sledovaných kondičních a produkčních parametrů byl přidavkem beta-glukanů do krmiva ovlivněn pouze hepatosomatický index. Ani jedna z testovaných koncentrací významně neovlivnila hematologické parametry pokusných ryb. Účinek na imunitní systém se projevil zvýšením celkového počtu leukocytů u ryb krmených přidavkem beta-glukanů v koncentraci 0,5 %. Obě vyšší koncentrace přidavku beta-glukanů do krmiva měly vliv na metabolismus bílkovin, glukózy, triacylglycerolů a některých minerálů. Pro zavedení testovaných aditiv do praxe bývá jako nejcennější hodnocen efekt na vybrané produkční parametry ryb (specifická rychlost růstu, konverze krmiva) a odolnost vůči onemocněním. Významnou roli přitom hraje vhodné načasování dietetické suplementace. Aplikace beta-glukanů vedla k modulaci složení mikrobiální komunity, a to ve prospěch taxonů, u kterých je popisován pozitivní vliv na imunitu, stabilitu prostředí střeva a efektivitu metabolismu. Tyto změny tak naznačují, že betaglukany mohou působit jako pozitivní modulátor střevního mikrobiomu, který podporuje jeho funkční kapacitu a potenciálně může přispívat ke zlepšení celkové kondice ryb.

e. Přídavek klinoptilolitu

Zeolity jsou skupinou minerálů vulkanického původu zahrnujících krystalické hydratované hlinítokřemičitany alkalických kovů a kationtů kovů alkalických klinoptzemín s nekonečnou, otevřenou, trojrozměrnou strukturou. Standardně jsou využívány v akvakulturních systémech díky své schopnosti absorpce amoniaku pro zlepšení kvality vody. V oblasti výživy zvířat se využívá pro jeho schopnost absorbovat toxiny, těžké kovy a speciálně v poslední době často zmiňované mykotoxiny. Dále je uváděno zlepšení trávení a vstřebávání živin a zvýšení užitkovosti. Výše přidavku se liší podle druhu chovaného zvířete.

V rámci testování účinků přídatku klinoptilolitu do krmných směsí pro pstruha duhového byly experimenty zaměřeny na zhodnocení různé výše přídatku od 1 % do 6 % na produkční parametry, stav vnitřního prostředí a spektrum mastných kyselin ve svalovině ryb. Pro zhodnocení vlivu přídatku klinoptilolitu na vnitřní prostředí a odolnost vůči podmínkám prostředí byly ryby cíleně vystaveny akutnímu stresu (manipulace a pokles obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodním prostředí). Vliv přidání klinoptilolitu byl studován ve dvou následných experimentech: krmný experiment s přidáním klinoptilolitu, bez něj a stresový experiment.

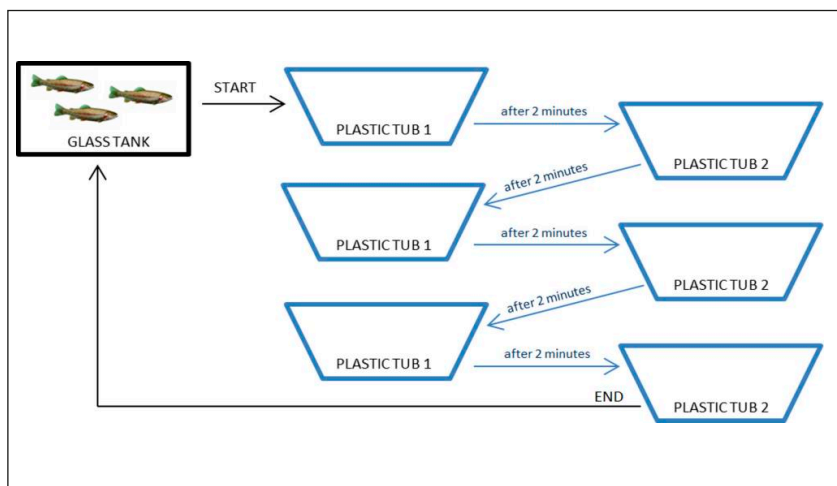
Tab. 10: *Sledované parametry ryb*

Kondiční a produkční parametry	Celková a standardní délka, výška těla, šířka těla, celková hmotnost, hmotnost po vykuchání, hmotnost jater a hmotnost sleziny. Fultonův koeficient, Clarkův koeficient, index vysokohřbetosti, index širokohřbetosti, konverze krmiva, specifická rychlost růstu, přírůstek hmotnosti, hepatosomatický index.
Hematologické parametry	Hemoglobin, celkový počet erytrocytů, hematokrit, střední barevná koncentrace, střední objem erytrocytu a hemoglobin.
Imunologické parametry	Celkový počet leukocytů
Plazmatické parametry	Alaninaminotransferáza, aspartátaminotransferáza, alkalická fosfatáza, albumin, cholesterol, kreatinin, glukóza, urea, celková bílkovina, triacylglyceroly, laktátdehydrogenáza, laktát, železo, sodík, draslík, kalcium, anorganický fosfor a hořčík

Počáteční dietní experiment probíhal po dobu 51 dnů. Základem stravy bylo granulované krmivo Biomar EFICO Enviro 920 Advance 4,5 mm (Bio-Mar, Dánsko), přidávaný klinoptilolit pocházel od společnosti ZEOCEM, a. s. (Slovensko). Klinoptilolit (frakce 0–50 µm) se skládal z minimálně 80 % hydratovaného hlinitokřemičitanu sodno-vápenatého a maximálně 20 % jílových materiálů (bez vláken a křemene). Do experimentální směsi byla přidána testovací množství 1 %, 2 %, 3 %, 4 % a 6 % klinoptilolitu nahrazením shodného procenta krmiva (tab. 11). Kontrolní skupina byla krmena základní krmnou směsí bez přídatku klinoptilolitu. Během experimentu bylo použito celkem 180 pstruhů duhových (151,2 ± 2,6 g), kteří byli náhodně umístěni do 12 nádrží o objemu 160 litrů (dvě pro každou experimentální směs a dvě kontrolní) s hustotou 15 ryb na nádrž. Ryby se nechaly aklimatizovat tři týdny před zahájením krmného experimentu. Světelné podmínky byly nastaveny na 14:10 hodin (den:noc) bez úmrtí během aklimatizace.

Tab. 11: Složení krmné experimentální směsi (všechny hodnoty jsou uvedeny v %)

Varianta	K	1 %	2 %	3 %	4 %	6 %
Biomar EFICO Enviro 920 Advance	100	99	98	97	96	94
Klinoptilolit	0	1	2	3	4	6
Složení						
Sušina	94,5	94,4	94,8	95,0	95,0	94,9
Obsah bílkovin	42,7	42,5	42,2	40,9	41,2	39,8
Obsah tuku	32,4	33,6	33,4	32,8	31,0	32,2
Obsah popela	5,72	6,38	7,04	8,17	8,94	10,6

**Obř. 2:** Schéma standardizovaného manipulačního stresu

Produkční parametry

Přidavek klinoptilolitu do krmné směsi jen mírně ovlivnil hodnoty produkčních parametrů. Oproti kontrole (FCR 0,91) 1 % a 2 % přidavek zlepšil konverzi krmiva na hodnotu 0,85 resp. 0,87, při zvýšení specifické rychlosti růstu (K 1,74 %·d⁻¹) na 1,89 resp. 1,84 %·d⁻¹. Vyšší přidavky snížily rychlost růstu nebo zhoršily konverzi přijímaného krmiva. Obdobně nepůkavný vliv měl přidavek i na výtěžnost jatečně opracovaného těla ryb (procentický podíl hmotnost ryb bez vnitřností oproti hmotnosti ryb), která se pohybovala v rozpětí 82,9 – 84,7 % bez staticky významného vlivu výše přidavku

klinoptilolitu do krmné směsi. Při ekonomickém zhodnocení efektu přidavku s ohledem na produkci ryb z jednoho kilogramu krmiva (Feed Coefficient Efficiency – FCE), došlo u 1 % a 2 % přidavku ke zvýšení přírůstku, a tedy i hodnoty produkce o 7 %, resp. 4,6 %. Další přidavky ekonomický efekt zhoršily.

Spektrum mastných kyselin

Lipidy pro stanovení profilu mastných kyselin byly extrahovány roztokem methanolu a chloroformu podle Folsch (1957). Analýza vzorků svaloviny byla provedena jednotlivě u šesti kusů ryb v každé skupině. Byly zjištěny průkazné rozdíly v obsahu mastných kyselin, ale nebyly potvrzeny žádné rozdíly v jejich relativním zastoupení. Obecně skupina s 3 % přidavkem klinoptilolitu byla odlišná od ostatních testovaných skupin i kontroly. Nejnížší poměr n-3/n-6 mastných kyselin byl zjištěn u kontrolní skupiny, zatímco přidavek klinoptilolitu tento poměr zvyšoval.

Parametry vnitřního prostředí

S výjimkou enzymu ALT nemělo přidání klinoptilolitu žádný významný vliv na hematologické a biochemické parametry pstruha duhového. Na druhou stranu nebyl pozorován žádný přímočarý trend v účinku na ALT. Přidání klinoptilolitu až do 6 % potravy tedy nezpůsobilo žádné významné změny ve vnitřním prostředí ryb.

V intenzivním chovu ryb jsou ryby ovlivněny mnoha stresory, včetně manipulace, třídění a přepravy. Stres u ryb může vést k metabolickým, hematologickým a/nebo biochemickým změnám, které mohou způsobit problémy s růstem a zvýšit vnímavost k onemocněním a mohou dokonce vést k úhynu ryb. Stresové reakce mohou být také ovlivněny druhem ryby, věkovou kategorií, typem stresového podnětu a jeho trváním. Přidavek klinoptilolitu jednoznačně neovlivnil hodnoty jednotlivých sledovaných parametrů působením stresoru v porovnání s kontrolou.

Naše výsledky jasně ukázaly vliv stresu na vybrané hematologické (MCHC) a biochemické parametry (ALP, GLUC, Mg, Fe, TAG, Na a Cl) u pstruha duhového. Tyto účinky se měnily s přidáním množství klinoptilolitu.

Závěr

Přidavek klinoptilolitu do krmné směsi pro pstruha duhového na úrovni 1–2 % přinesl mírné zvýšení intenzity růstu (SGR) a zlepšení konverze krmiva (FCR). To vedlo v konečném důsledku ke zvýšení hodnoty produkce ryb z jednotky krmiva o 7 % (1 % přidavek), resp. 4,5 % (2 %). Další navýšení přidavku tyto hodnoty zhoršovaly. Výše přidavku neměla jednoznačný a statisticky průkazný vliv na parametry vnitřního prostředí a odezvu na použitou stresovou zátěž.

f. Srovnání přísad a doporučení

Tab. 12: Celkové shrnutí pozitiv/negativ sledovaných aditiv

Aditivum	Zátěžový test	PU	HU	IU	PIU	Mikrobiom
probiotika	bez zátěže		+	bvo.	?	--
	challenge	ns.	bvo.	-	bvo.	--
β -glukany 0,2 %	bez zátěže	bvo.	bvo.	bvo.	bvo.	ns.
β -glukany 0,5 %	bez zátěže	+	bvo.	+	?	ns.
β -glukany 1 %	bez zátěže	+	bvo.	bvo.	?	++
Se	bez zátěže	bvo.	++ (Se 3)	+(Se 3)	bvo.	bvo.
	challenge	ns.	bvo.	+(Se 3)	bvo.	ns.
Zn	bez zátěže	bvo.	bvo.	+	-(Zn 30)	bvo.
	challenge	ns.	bvo.	-- (Zn 30)	bvo.	ns.
Se + Zn	bez zátěže	bvo.	bvo.	+	bvo.	--
	challenge	ns.	bvo.	--	bvo.	ns.
Klinoptilolit	bez zátěže	+	bvo.	ns.	bvo.	ns.

PU. produkční ukazatele, HU. hematologické ukazatele, IU. imunologické ukazatele, PIU. plazmatické ukazatele, bvo. bez výrazného ovlivnění, + spíše pozitivně ovlivněno, ++ pozitivně ovlivněno, - spíše negativně ovlivněno, -- negativně ovlivněno, ns. nesledováno

Probiotika. Po 7 týdnech aplikace byl u testovaného bakteriálního kmene sledován pozitivní trend účinku na produkční parametry pstruha duhového, a to i u střídavé suplementace. Zároveň bylo u kontinuálně suplementovaných ryb zjištěno významné navýšení transportní kapacity krve pro kyslík. Ani jedna z krmných strategií však nevedla ke zvýšení odolnosti ryb vůči infekci *A. salmonicida*. Kumulativní mortalita ryb, kterým bylo probiotikum podáváno přerušovaně, byla dokonce významně vyšší než u zbylých skupin. Pro chovy, které se opakovaně potýkají s furunkulózou lososovitých ryb, nepředstavuje v této podobě uvedené krmné aditivum řešení.

Přídavek beta-glukanů. Účinek na imunitní systém se projevil zvýšením celkového počtu leukocytů u ryb krmených přídatkem beta-glukanů v koncentraci 0,5 %. Obě vyšší koncentrace přídatku beta-glukanů do krmiva ovlivnily metabolismus bílkovin, glukózy, triacylglycerolů a některých minerálů a hepatosomatický index.

Přídavek minerálů. U ryb bez zátěže se nejlépe projevil přídavek selenu ve vyšší dávce, kdy došlo ke statisticky významnému ovlivnění ukazatelů červeného krevního obrazu a k rychlejšímu nástupu oxidativního vzplanutí periferních fagocytů. Po experimentální infekci se však vliv přídatku prvků neprokázal. U skupiny s přídatkem vyšší dávky selenu došlo k podobným změnám jako u kontrolní skupiny. Naopak kombinace obou prvků a přídatvek vyšší dávky zinku se projevily snížením některých imunitních parametrů.

Závěrem lze shrnout, že aplikace aditiv má diferencovaný vliv na produkční ukazatele, hematologické, imunitní a metabolické ukazatele. Pozitivní účinky v klidových podmínkách (zejména u probiotik na produkci a selenu na imunitu/krevní obraz) **nemusí nutně korelovat se zvýšenou odolností** vůči specifické infekční zátěži (zde *A. salmonicida*), z čehož vyplývá že některá z testovaných aditiv nejsou vhodným řešením pro chovy ohrožené furunkulózou.

Doporučení pro produkci krmiv a chov pstruha duhového

Začlenit probiotika do krmných směsí pro pstruha duhového, pokud je prioritou zlepšení růstové výkonnosti a konverze krmiva (PP) v chovech s nízkým rizikem infekce. Doporučuje se spíše kontinuální krmná strategie před přerušovanou.

Pro chovy s vyšší infekční zátěží je vhodné zvážit přídavek β -glukanů v koncentraci kolem 0,5 %, která prokázala pozitivní imunomodulační vliv (zvýšení počtu leukocytů). Vyšší koncentrace by měly být zkoumány s ohledem na možné ovlivnění metabolických procesů v jaterní tkáni (HSI, glukóza).

Pro posílení nespecifické imunity a červeného krevního obrazu je doporučeno cílené a opatrné doplňování selenu ve vyšších, ale ne toxických dávkách (např. Se 3 mg/kg krmiva). Je třeba se vyvarovat vyšších dávek zinku (např. Zn 30 mg/kg krmiva) a jejich kombinací se selenem, které v rámci testu negativně ovlivnily imunitní parametry po zátěži.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Metodika přináší nové postupy v souladu s § 2, odst. 1, písm. a) bod 2 zákona č. 130/2002 Sb. Popsaných metodických postupů bylo dosaženo systematickou tvůrčí prací v aplikovaném výzkumu, kterým byly experimentální a teoretické práce prováděné s cílem získání nových poznatků zaměřených na budoucí využití v praxi.

V předložené metodice jsou shrnuty poznatky získané experimentálně v recirkulačních systémech, doplněné údaji literárními. Součástí je doporučené dávkování aditiv do krmiva. V takové formě zpracování se jedná o nový komplexní materiál pro chovatelské subjekty i veterinární praxi. V energeticky náročném recirkulačním systému ekonomika chovu vychází z maximální produkce z jednotky objemu vody při zachování kvality produkovaných tržních ryb, tj. eliminace ztrát způsobené onemocněním při omezení aplikace veterinárních zásahů.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena pro chovatele ryb využívajících systémy intenzivního chovu ryb. Metodika bude uplatněna „Smlouvou o uplatnění certifikované metodiky“ uzavřenou mezi Mendelovou univerzitou v Brně a firmou Bio-Fish, s. r. o. se sídlem Pravíkov 29, 394 70 Kamenice nad Lipou.

Rozsah uplatnění metodiky je v systémech intenzivního chovu lososovitých ryb. Aplikace aditiv zlepšujících zdravotní stav ryb v krmivu v těchto systémech chovu sníží riziko vypuknutí a rozšíření onemocnění různého typu. Předpokládané využití ve třech již vybudovaných a dalších v současnosti budovaných recirkulačních systémech dánského typu, případně dalších systémech využívajících RAS.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Předpokládané ekonomické a další přínosy jsou v zefektivnění chovu ryb v systémech intenzivního chovu, tedy i systémech využívajících prvků „dánského“ systému. Ekonomické přínosy lze vyjádřit ve snížení úrovně ztrát o více než 50%. Úroveň ztrát v rozpětí 10–30% znamená při produkci 60–100 t (produkce jedné farmy) ekonomický dopad ve výši 600 tis. až 3 mil. Kč ročně při realizačních cenách 100 Kč za 1 kg tržních ryb. Dalším faktorem jsou produkční ztráty zhoršeným příjmem a využitím krmiva. Zhoršení krmeného koeficientu na úrovni 3–5 % při předpokládané hodnotě mírně převyšující hodnotu 1 a ceně krmiva na úrovni 35–40 Kč, odpovídá úspoře 15–20 tis. Kč

na 10 t produkce. Dalším již obtížněji kvantifikovatelným efektem je snížení stresové zátěže ryb působením zhoršených hydrochemických parametrů chovného prostředí a negativní ovlivnění činnosti biofiltru použitými léčebnými preparáty.

VI. PODĚKOVÁNÍ

Metodika vznikla za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum, projektu QK 21010030 „Globalizace, moderní technologie a změna klimatu jako zdroje nových možností a ohrožení pro chovný management lososovitých ryb.“

VII. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ABDEL-RAHIM, M. (2017). Sustainable use of natural zeolites in aquaculture: A short review. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 2(4), 555593.
- AHMED, I., RESHI, Q. M., & FAZIO, F. (2020). The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: A review. *Aquaculture International*, 28, 869–899.
- BARTON, B.A. (2002). Stress in fishes: A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42(3), 517–525
- BRUMOVSKÁ V, ŠORF M, MAREŠ J. The effect of clinoptilolite as a feed additive on selected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) haematological and biochemical parameters, before and after stress treatment. *Aquaculture Research*, 2021, 52: 3540-3548. <https://doi.org/10.1111/are.15195>
- CINGELOVÁ MARUŠČÁKOVÁ I., SCHUSTEROVÁ P., POPELKA P., GANCARČÍKOVÁ S., CSANKT, FEČKANINOVÁ A., RATVAJ M., MUDROŇOVÁ D., 2021. Effect of autochthonous lactobacilli on immunologically important molecules of rainbow trout after bacterial infection studied on intestinal primoculture. *Fish and Shellfish Immunology* 119: 379–383.
- FEČKANINOVÁ A, KOŠČOVÁ J, MUDROŇOVÁ D, SCHUSTEROVÁ P, CINGELOVÁ MARUŠČÁKOVÁ I, POPELKA P. 2019. Characterization of two novel lactic acid bacteria isolated from the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) in Slovakia. *Aquaculture*. 506:294–301. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.03.026.
- GHASEMI, Z., SOURINEJAD, I., KAZEMIAN, H., & ROHANI, S. (2018). Application of zeolites in aquaculture industry: A review. *Reviews in Aquaculture*, 10, 75–95.

- CHROMOVÁ N, RATVAJ M, MUDROŇOVÁ D, POPELKA P, MAREŠ J, PALÍKOVÁ M, FALDYNA M. Feed enriched by autochthonous probiotic bacteria and its effect on growth and immune response under different feeding regimes and immune response after *Aeromonas salmonicida* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International* 33(4), 267. ISSN 0967-6120. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-025-01950-9>
- KHANJANI K.H., SHARIFINIA M., GHAEDI CH., 3 β -glucan as a promising food additive and immunostimulant in aquaculture industry – a review. *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 22, No. 3 (2022) 817–827.
- MIKULÍKOVÁ I, RADOJIČIĆ M, BANDŮUCHOVÁ H, BLAHOVÁ J, MALÝ O, PAPEŽÍKOVÁ I, NOVOTNÁ H, POŠTULKOVÁ E, LEPKOVÁ Z, TOULOVÁ I, ODEHNALOVÁ K, MAREŠ J, MUDROŇOVÁ D, PALÍKOVÁ M. The effect of continuous and pulse feeding *Lactiplantibacillus plantarum* on growth performance, gut microbiota, immunological, haematological and plasma biochemical parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, *Italian Journal of Animal Science*, 2025, 24:1, 424-439. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2458198>
- PARK Y, LEE S, HONG JW, KIM D, MONIRUZZAMAN M, BAI SC. 2017. Use of probiotics to enhance growth, stimulate immunity and confer disease resistance to *Aeromonas salmonicida* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac Res.* 48(6):2672–2682. doi: 10.1111/are.13099.
- SOLTANI M, PAKZAD K, TAHERI-MIRGHAED A, MIRZARGAR S, SHEKARABI SPH, YOSEFI P, SOLEYMANI N. 2019. Dietary application of the probiotic *Lactobacillus plantarum* 426951 enhances immune status and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) vaccinated against *Yersinia ruckeri*. *Probiotics Antimicrob Proteins.* 11(1):207–219. doi: 10.1007/s12602-017-9376-5.
- SVOBODOVÁ Z, PRAVDA D, MODRÁ H. 2012. Metody hematologického vyšetřování ryb (in Czech, Methods of haematology examination of fish). *Edice metodik. Vodňany: FROV JU*; p. 38.
- VENDRELL D, BALCÁZAR JL, DE BLAS I, RUIZ-ZARZUELA I, GIRONÉS O, MÚZQUIZ JL. 2008. Protection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from lactococcosis by probiotic bacteria. *Comp Immunol Microbiol Infect, DIS.* 31(4):337–345. doi: 10.1016/j.cimid.2007. 04. 002.
- ZHENG D, LIWINSKI T, ELINAV E. 2020. Interaction between microbiota and immunity in health and disease. *Cell Res.* 30(6):492–506. doi: 10.1038/s41422-020-0332-7.

VIII. SEZNAM PŘEDCHÁZEJÍCÍCH PUBLIKACÍ

- PALIKOVA, M., NAVRATIL, S., NAVRATIL, L., MAREŠ, J. Preventive and prophylactic measures in intensive salmonid fish breeding – a review. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2015, 63 (4): 1409-1416.
- BRUMOVSKÁ V, ŠORF M, MAREŠ J. The effect of clinoptilolite as a feed additive on selected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) haematological and biochemical parameters, before and after stress treatment. *Aquaculture Research*, 2021, 52: 3540-3548. <https://doi.org/10.1111/are.15195>
- BRUMOVSKÁ V, POŠTULKOVÁ E, ŠORF M, MAREŠ J. Effect of the addition of zeolite to rainbow trout diet. In: *MendelNet 2018: Proceedings of International PhD Students Conference*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 155–159. ISBN 978-80-7509-597-8.
- BRUMOVSKÁ V, ŠORF M, MAREŠ J. Změny profilu mastných kyselin u pstruha duhového po dietě s přidavkem klinoptilolitu. In: KOPP, Radovan; GRMELA, Jan (ed.). 70 let výuky rybářství na Mendelově univerzitě v Brně. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 95. ISBN 978-80-7509-677-7.
- MIKULÍKOVÁ I, RADOJČIČ M, BANDOUCHOVÁ H, BLAHOVÁ J, MALÝ O, PAPEŽÍKOVÁ I, NOVOTNÁ H, POŠTULKOVÁ E, LEPKOVÁ Z, TOULOVÁ I, ODEHNALOVÁ K, MAREŠ J, MUDROŇOVÁ D, PALÍKOVÁ M. The effect of continuous and pulse feeding *Lactiplantibacillus plantarum* on growth performance, gut microbiota, immunological, haematological and plasma biochemical parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, *Italian Journal of Animal Science*, 2025, 24:1, 424-439. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2458198>
- CHROMOVÁ N, RATVAJ M, MUDROŇOVÁ D, POPELKA P, MAREŠ J, PALÍKOVÁ M, FALDYNA M. Feed enriched by autochthonous probiotic bacteria and its effect on growth and immune response under different feeding regimes and immune response after *Aeromonas salmonicida* infection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International* 33(4), 267 (2025). <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-025-01950-9>

Poznámky

Název: Optimalizace použití krmiv pro pstruha duhového s přídatky
ovlivňující jejich zdravotní stav
Certifikovaná metodika R27/2026

Autoři: Miroslava Palčková, Jan Mareš, Iva Mikulíková, Zdena Lepková,
Iva Papežíková, Lucie Všeticková, Hana Bandouchová,
Eva Poštulková

Vydala: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Tisk: Vydavatelství Mendelovy univerzity v Brně,
Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: první, 2026

Náklad: 50 ks

Počet stran: 28

Za jazykovou a věcnou stránku odpovídají jednotliví autoři.

ISBN 978-80-7701-078-8

