

复方中草药对黑棘鲷生长、非特异性免疫及肠道消化酶的影响

胡晓伟^{1,2}, 刘龙晖^{1,2}, 陈强^{1,2}, 李文静^{1,2}, 黎中宝^{1,2}

(1. 集美大学水产学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室, 福建 厦门 361021)

摘要: 本试验旨在探究复方中草药对黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)生长性能、非特异性免疫及肠道消化酶的影响。将党参(*Codonopsis pilosula*)、黄芪(*Astragalus membranaceus*)、板蓝根(*Isatis tinctoria*)、金银花(*Lonicera japonica*)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、枳壳(*Fructus aurantii*)、大黄(*Rheum palmatum*)、神曲(*Massa medicata fermentata*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)、天门冬(*Asparagus cochinchinensis*)、艾叶(*Artemisia argyi*)、仙鹤草(*Agrimonia pilosa*)粉碎混匀, 配伍制成复方中草药。试验采用单因素设计, 将复方中草药梯度(0%、0.4%、0.8%、1.2%、1.6%、2.0%)添加到黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)基础饲料中, 饲喂黑棘鲷 28 d。结果表明: 复方中草药添加量在 0.4%时增质量率和特定生长率显著增高, 且饵料系数显著降低($P<0.05$), 其中, 增质量率提高 14.5%, 饵料系数降低 16.3%; 饲料中添加复方中草药显著降低血清总胆固醇、甘油三脂、低密度脂蛋白胆固醇含量, 添加量为 0.4%、1.2%、1.6%时总胆固醇含量显著降低($P<0.05$)且试验组低密度脂蛋白胆固醇含量均显著降低, 超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性均显著增加, 淀粉酶、脂肪酶和胰蛋白酶活性均显著高于对照组($P<0.05$)。综上所述, 饲料中添加复方中草药能够提高黑棘鲷生长性能, 非特异性免疫及肠道消化酶活性, 并能有效改善血脂; 推荐适宜添加量为 0.4%~1.2%。

关键词: 复方中草药; 黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegelii*); 生长性能; 非特异性免疫; 消化酶

中图分类号: S9 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2024)1-0056-12

DOI: 10.11759/hyxx20230714002

在过去的 30 年, 中国集约化养殖模式出现爆炸式增长, 水产品产量突飞猛进, 海水鱼人工养殖取得巨大成就^[1-2]。但随之而来的却是生长缓慢、鱼病频发等现象, 进而引发水产品质量下降、抗生素滥用和环境污染等一系列问题。针对这些问题, 农业农村部发布第 194 号公告^[3]: “自 2020 年 1 月 1 日起, 退出除中药外的所有促生长类药物饲料添加剂品种。”在全国范围内施行全面禁抗。生态养殖成为主流, 而绿色环保的新型饲料添加剂也亟待开发。

中草药在中国历史悠久、资源丰富, 同时还具有天然、安全、无残留等优点^[4]。中草药中含有多种有效成分, 包括多糖、黄酮、酚酸、生物碱等活性成分及氨基酸、矿物质、维生素等营养物质^[5-8]。过去的众多研究已经证实中草药可以作为绿色环保的饲料添加剂用作水产养殖, 如在凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[9]、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)^[10]、斑马鱼(*Barchydanio rerio var*)^[11]、尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[12]等均有报道, 中草药具有促进生长^[13-14]、提高免疫力^[15-16]、改善肠道菌群^[17-18]等作用; 中草药

成分复杂, 并且多药配伍使用往往具有更好的协同作用^[19]。所以, 将多种中草药配伍使用作为水产饲料添加剂对于营造绿色环保的生态养殖具有极大的前景。

黑棘鲷(*Acanthopagrus schlegelii*), 隶属鲈形目(Perciformes)鲷科(Sparidae)棘鲷属(*Acanthopagrus*), 在中国主要分布于黄海、南海、东海沿岸以及台湾海峡南部水域等^[20], 因其生长迅速、抗逆性强、广盐杂食且肉质细腻等特点, 深受人们喜爱, 是中国目前海水养殖的重要支柱之一^[21]。目前国内关于黑棘鲷营养的研究, 主要围绕肝肠健康^[22-23]、鱼油替代^[24]和饲料添加剂^[25]等方面。此外, 另有报道中草

收稿日期: 2023-07-14; 修回日期: 2023-10-22

基金项目: 福建省科技计划项目农业引导性(重点)项目(2020N0013)

[Foundation: Agricultural Guidance (Key) Project of Fujian Science and Technology Planning Project, No. 2020N0013]

作者简介: 胡晓伟(1990—), 福建上杭人, 硕士, 从事营养与饲料研究, E-mail: wuyhxw@163.com; 刘龙晖(2000—), 同等贡献作者, 河南固始人, 硕士研究生, 从事营养与饲料研究, E-mail: 202211908015@jmu.edu.cn; 李文静(1973—), 通信作者, 安徽舒城人, 博士, 副教授, 主要从事鱼类营养和渔业生态研究, E-mail: 286989040@qq.com; 黎中宝(1966—), 通信作者, 河南固始人, 博士生导师, 教授, 主要从事鱼类营养与渔业生态资源研究, E-mail: lizhongbao@jmu.edu.cn

药饲料添加剂用于黑棘鲷养殖, 呈现促进生长、提高免疫力、改善脂代谢和肠道健康等效果^[26-27]。基于众多报道对中草药饲料添加剂的积极评价, 本试验在黑棘鲷基础饲料中梯度添加复方中草药, 探究复方中草药对黑棘鲷生长、血清生化指标及肠道消化酶的影响, 以评估本复方中草药对黑棘鲷的作用效果。

1 材料与方 法

1.1 复方中草药的制备

党参 (*Codonopsis pilosula*)、黄芪 (*Astragalus membranaceus*)、板蓝根 (*Isatis tinctoria*)、金银花 (*Lonicera japonica*)、麦冬 (*Ophiopogon japonicus*)、枳壳 (*Fructus Aurantii*)、大黄 (*Rheum palmatum*)、神曲 (*Massa Medicata Fermentata*)、杜仲 (*Eucommia ulmoides*)、天门冬 (*Asparagus cochinchinensis*)、艾叶 (*Artemisia argyi*)、仙鹤草 (*Agrimonia pilosa*) 12 种中草药等重量混合, 充分粉碎后过 200 目筛, 得到的复方中草药粉末冷藏备用。

1.2 试验饲料的制备

参照黑棘鲷营养需求及相关研究设计粗蛋白水平约 41.47%, 粗脂肪水平约 10.65% 的基础饲料^[28-29]。基础饲料配方及营养水平见表 1。参照相关研究^[30], 将复方中草药粉末按比例加入基础饲料, 面粉配平, 共设 6 组: D1(0%)、D2(0.4%)、D3(0.8%)、D4(1.2%)、D5(1.6%)、D6(2.0%)。各种饲料原料充分粉碎后, 采用从小到大、逐级混匀的方法将其充分混匀, 过 60 目筛, 再加入适量水充分搅拌, 过 60 目筛两次。之后用制粒机(山东三清不锈钢设备有限公司)制成 2.5 mm 的配合饲料, 55 °C 烘箱烘干, 冷却后-20 °C 密封保存。

1.3 试验用鱼及暂养

试验黑棘鲷购自福建省漳浦县锦兴育苗场。集美大学水产学院海水试验场循环过滤桶(1 200 L)暂养 14 d。暂养期间每日定时(08: 00; 17: 00)投喂基础饲料, 换水 1 次, 换水量约为 1/3。水体全天保存充氧。

1.4 饲养管理

暂养结束后禁食 24 h, 采用 150 mg/L 丁香酚将试验鱼麻醉, 称重并记录。将规格一致(10.43±0.05)的健康黑棘鲷随机分到 18 个养殖缸中(80 cm×45 cm×45 cm), 共 6 组, 每组 3 个重复, 每缸 20 尾, 共 360 尾。养殖试验周期 28 d。养殖期间每日(08: 00; 17: 00)

表 1 基础饲料组成及营养水平(干物质基础)

Tab. 1 Composition and nutrient levels of basal diet (air-dry basis)

原料	含量/%
鱼粉	40.0
豆粕	26.5
面粉	23.0
鱼油	3.0
多矿	0.5
多维	0.5
胆碱	0.5
豆油	2.0
磷酸二氢钙	1.0
卵磷脂	2.0
玉米蛋白粉	1.0
合计	100
营养水平	
粗蛋白质	41.47
粗脂肪	10.65
水分	12.09
粗灰分	12.45

注: ^a 多矿: MnSO₄·4H₂O: 50 mg/kg, MgSO₄·H₂O: 4 000 mg/kg, KI: 100 mg/kg, CuSO₄·5H₂O: 20 mg/kg, CoCl₂(1%): 100 mg/kg, ZnSO₄·H₂O: 150 mg/kg, FeSO₄·H₂O: 260 mg/kg, Na₂SeO₃(1%): 50 mg/kg。 ^b 多维: 核黄素: 45 mg; 硫胺素: 25 mg; 盐酸吡哆醇: 20 mg; 维生素 K₃: 10 mg; 维生素 B₁₂: 0.1 mg; 肌醇: 800 mg; 烟酸: 200 mg; 泛酸: 60 mg; 叶酸: 20 mg; 维生素 D₃: 5 mg; 生物素: 1.2 mg; 维生素 A 乙酸酯: 32 mg; 乙氧基奎琳: 150 mg; α-生育酚: 120 mg

定时投喂各组饲料至试验鱼表现饱食。喂食结束半小时后进行吸污与换水操作, 清理粪便并收集残饵干燥称质量记录, 换水量大概为养殖缸中水量的 30%~40%, 水体全天保持充氧。温度(28±2) °C, 盐度 11±1。

1.5 样品采集

养殖试验结束, 试验鱼禁食 24 h 后用 150 mg/L 丁香酚将试验鱼麻醉, 计数并称体长体重; 本试验采用人道处死方法采样, 每缸随机取 5 尾鱼在-20 °C 保存以待体成分测定; 每缸另随机取 5 尾鱼, 尾静脉取血收集血样, 4 °C 静置 12 h 后 3 500 r/min 条件下离心 10 min 收集血清, -80 °C 保存以待血清生理生化和免疫指标测定; 取 5 尾鱼解剖采肠道, 刮去肠道表面附着脂肪后放入冻存管, 于液氮中暂时保存, 采

样结束后快速转移至-80 °C保存,以待肠道消化酶指标测定。

1.6 指标分析与测定

1.6.1 常规营养成分分析

饲料样本和全鱼体在 75 °C 条件下烘 24 h,再放入 105 °C 烘箱中烘至恒质量,测定样品失水比例后粉碎备用;采用半微量凯氏定氮法(总氮×6.25)测定粗蛋白含量;索氏抽提法(抽提液为乙醚)测粗脂肪含量。

1.6.2 生长指标

生长指标测定公式为:

$$\text{增质量率}(\%) = (W_2 - W_1) / W_1,$$

$$\text{特定生长率}(\%/d) = (\ln W_2 - \ln W_1) / d \times 100,$$

$$\text{饵料系数} = f / (W_2 - W_1),$$

$$\text{肥满度}(\text{g}/\text{cm}^3) = W_C / L^3 \times 100\%,$$

$$\text{肝体指数}(\%) = W_A / W_C \times 100,$$

$$\text{存活率}(\%) = 100 \times N_t / N_0,$$

其中: W_2 为平均末质量(g); W_1 为平均初质量(g); d 为试验天数; f 为总摄食量(g); N_t 为成活尾数, N_0 为初始尾数, W_A 为肝脏湿质量(g); W_C 为试验鱼湿质量(g); L 为鱼体体长(cm)。

1.6.3 血清生化及免疫指标

试剂盒检测血清生化指标:血清总蛋白(Total Protein, TP)、总胆固醇(Total Cholesterol, TC)、甘油三酯(Triglyceride, TG)、低密度脂蛋白胆固醇(Low-Density Lipoprotein Cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(High-Density Lipoprotein Cholesterol, HDL-C);免疫指标:白蛋白(Albumin, ALB)、碱性磷酸酶(Alkaline phosphatase, AKP)、过氧化氢酶(Catalase, CAT)、超氧

化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)、溶菌酶(Lysozyme, LZM)。溶菌酶检测试剂盒购自上海晶抗生物工程有限公司,剩余试剂盒均购于南京建成生物研究所。

1.6.4 肠道消化酶指标

取适宜质量肠道组织,按 1:9(W/V)加入 4 °C 生理盐水,在冰水浴中匀浆 5 min 后,放入低温高速离心机(4 °C, 3 000 r/min)离心 15 min。离心结束后取上清待测淀粉酶(Amylase, AMS)、脂肪酶(Lipase, LPS)、胰蛋白酶(Trypsin, TRS)活性。试剂盒均购自南京建成生物研究所。

1.6.5 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel(2010)统计,在 SPSS 24.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)。当 $P < 0.05$ 时具有显著性差异并采用 Duncan 多重比较法检验。试验数据用平均值±标准差(Mean±SD)表示。所有图片采用 GraphPad Prism 8 绘制。

2 结果

2.1 复方中草药对黑棘鲷全体和营养成分的影响

黑棘鲷全体和肌肉营养成分结果见图 1 和图 2。结果显示,相比于 D1 组(对照),D3、D4 组肌肉粗脂肪含量显著升高($P < 0.05$),D3 组肌肉粗蛋白含量显著降低($P < 0.05$);黑棘鲷饲料中加入复方中草药后,全体粗脂肪含量均显著升高($P < 0.05$),但全体粗蛋白含量有下降趋势,其中,D2、D3、D5 组全体粗蛋白均显著下降($P < 0.05$);肌肉和全体水分均无显著影响($P > 0.05$)。

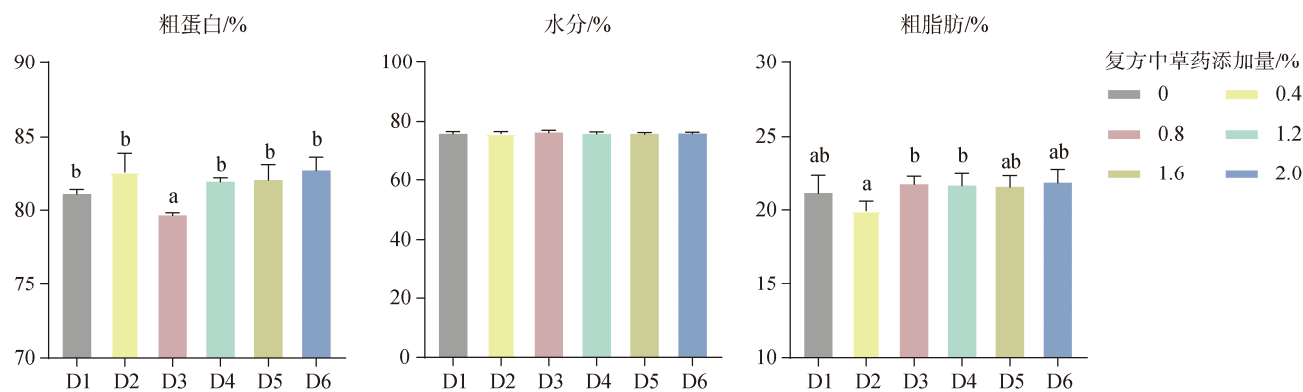


图 1 复方中草药对黑棘鲷肌肉营养成分的影响(干质量)

Fig.1 Effects of the dietary compound Chinese herbs on the muscle composition of *A. schlegeli*

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下图同

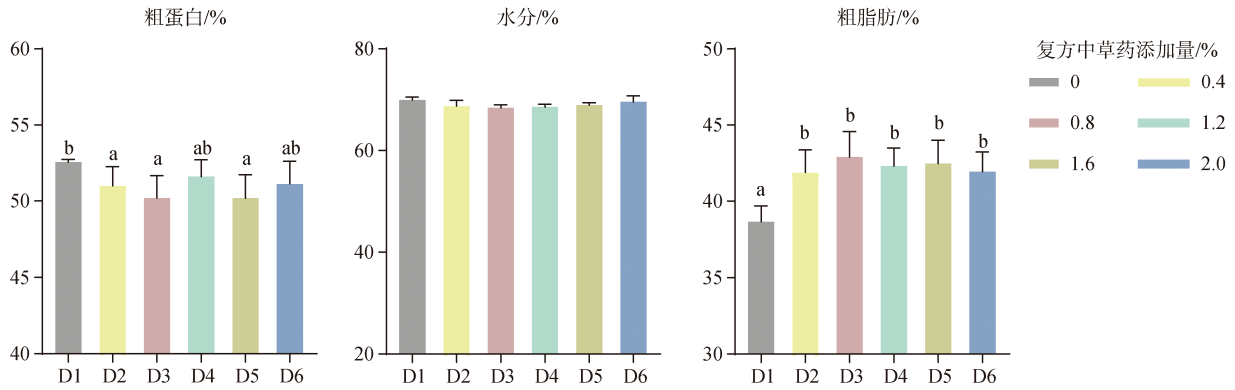


图2 复方中草药对黑棘鲷全体营养成分的影响(干质量)

Fig. 2 Effects of the dietary compound Chinese herbs on body composition of *A. schlegelii*

2.2 复方中草药对黑棘鲷生长性能的影响

黑棘鲷生长性能相关数据见表2。结果显示, 相比于D1组, D2组增质量率比特定生长率显著增高($P < 0.05$), 增质量率提升达到14.5%, D3、D4、D5组增质量率和特定生长率有升高趋势, 但并不显著($P > 0.05$);

饵料系数随着饲料中复方中草药含量的增加具有先降低再升高的趋势, 其中, 相比于D1组, D2、D3组饵料系数显著降低($P < 0.05$), 分别达到16.3%和13.9%。D1、D4、D5、D6组无显著差异($P > 0.05$)。肝体指数和肥满度各组间无显著差异($P < 0.05$)。

表2 复方中草药对黑棘鲷生长性能的影响(%)

Tab. 2 Effects of the dietary compound Chinese herbs on the growth of *A. schlegelii*(%)

指标	D1	D2	D3	D4	D5	D6
初质量(g)	10.48±0.08	10.39±0.04	10.42±0.02	10.43±0.05	10.46±0.08	10.41±0.05
增质量率	130.87±13.5 ^a	149.8±10.69 ^b	140.09±8.00 ^{ab}	138.58±7.06 ^{ab}	140.74±8.71 ^{ab}	127.69±4.32 ^a
特定生长率(%/d)	2.98±0.21 ^a	3.27±0.15 ^b	3.13±0.12 ^{ab}	3.1±0.11 ^{ab}	3.14±0.13 ^{ab}	2.94±0.07 ^a
肝体指数	0.93±0.13	1.09±0.12	1.02±0.13	1.07±0.08	1.01±0.10	1.06±0.12
存活率	94.67±6.11	100±0	100±0	96±4.00	97.33±2.31	100±0
饵料系数	2.02±0.20 ^c	1.69±0.05 ^a	1.74±0.12 ^{ab}	1.92±0.13 ^{bc}	1.97±0.07 ^c	1.9±0.02 ^{abc}
肥满度/(g·cm ⁻³)	2.96±0.06	3.05±0.10	2.89±0.23	2.87±0.16	2.93±0.04	2.86±0.08

注: 不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同

2.3 复方中草药对黑棘鲷血清生化指标的影响

黑棘鲷血清生化指标相关数据见表3。结果显示, 相比于D1组, D2、D4、D5组TC含量显著降低($P < 0.05$), D2组HDL-C显著升高($P < 0.05$), D3、D6组HDL-C含量有上升趋势但并不显著($P > 0.05$); 随着饲料中复方

中草药的添加, TG和TP含量有先升高后降低趋势, 其中, D4组TG含量显著高于D1、D2组($P < 0.05$), D6组显著低于D1、D2组($P < 0.05$); D4组TP显著高于D1、D2、D3组($P < 0.05$), 但D6组显著降低($P < 0.05$)。相比于D1组, 所有添加组LDL-C含量均显著降低($P < 0.05$), 当添加量为0.4%时达到最低。

表3 复方中草药对黑棘鲷血清生化指标的影响(单位: mmol/L)

Tab. 3 Effects of the dietary compound Chinese herbs on serum biochemical of *A. schlegelii*(mmol/L)

指标	D1	D2	D3	D4	D5	D6
TC	10.7±0.35 ^c	5.79±0.25 ^a	9.94±0.29 ^c	8.47±0.30 ^b	6.05±0.34 ^a	8.97±0.64 ^b
TG	1.52±0.09 ^{bc}	1.54±0.11 ^{bc}	1.63±0.07 ^c	1.92±0.15 ^d	1.42±0.07 ^b	1.03±0.07 ^a
TP(μg/mL)	46.06±1.72 ^{ab}	47.35±0.59 ^{ab}	48.22±2.10 ^{ab}	59.46±2.64 ^c	50.63±4.97 ^b	45.36±0.66 ^a
LDL-C	3.5±0.46 ^a	4.26±0.46 ^b	3.58±0.49 ^{ab}	3.18±0.19 ^a	3.22±0.19 ^a	3.89±0.32 ^{ab}
HDL-C	4.69±0.20 ^d	1.56±0.11 ^a	2.05±0.25 ^b	2.93±0.11 ^c	1.69±0.32 ^{ab}	1.7±0.15 ^{ab}

2.4 复方中草药对黑棘鲷非特异性免疫的影响

黑棘鲷非特异性免疫指标相关数据见表 4。结果显示, 饲料中添加复方中草药显著升高 SOD 和 CAT 活性,

其中, 相比于 D1 组, 全体添加组 SOD 活性均显著升高 ($P<0.05$), D2、D3、D4、D5 组 CAT 活性显著升高 ($P<0.05$); D5 组 AKP 活性显著大于 D1 组 ($P<0.05$); 相比于 D1 组, D5 组 ALB 和 LZM 有升高趋势, 但并不显著 ($P>0.05$)。

表 4 复方中草药对黑棘鲷血清非特异性免疫指标的影响

Tab. 4 Effects of the dietary compound Chinese herbs on the immunity enzymes in the serum of *A. schlegelii*

指标	D1	D2	D3	D4	D5	D6
SOD(U/mL)	368.59±17.38 ^a	680.15±18 ^b	777.63±35.34 ^c	788.74±45.20 ^c	709.11±24.08 ^b	718±19.08 ^b
AKP(金氏单位/100mL)	3.95±0.50 ^b	3.29±0.05 ^a	3.39±0.36 ^{ab}	3.83±0.26 ^{ab}	4.76±0.39 ^c	3.81±0.19 ^{ab}
ALB(g/mL)	1.52±0.10 ^{ab}	1.56±0.11 ^{ab}	1.58±0.12 ^{ab}	1.71±0.53 ^{ab}	1.82±0.19 ^b	1.28±0.16 ^a
LZM(U/L)	1.04±0.21 ^{ab}	0.8±0.11 ^a	1.48±0.36 ^b	1.22±0.27 ^{ab}	1.34±0.28 ^b	0.82±0.08 ^a
CAT(U/mL)	13.55±1.07 ^b	16.7±1.17 ^c	18.2±0.81 ^c	35.86±1.57 ^d	29.87±2.20 ^d	7.75±1.07 ^a

2.5 复方中草药对黑棘鲷肠道消化酶活性的影响

黑棘鲷肠道消化酶指标结果见图 3。结果显示, 饲料中添加复方中草药显著升高 AMS、LPS 和 TRS 活性。

其中, D3、D4、D5、D6 组 AMS 和 TRS 活性显著大于 D1、D2 组 ($P<0.05$); 相比于 D1 组, D2、D4、D5、D6 组 LPS 活性显著升高 ($P<0.05$), D3 组有上升趋势, 但并不显著 ($P>0.05$)。

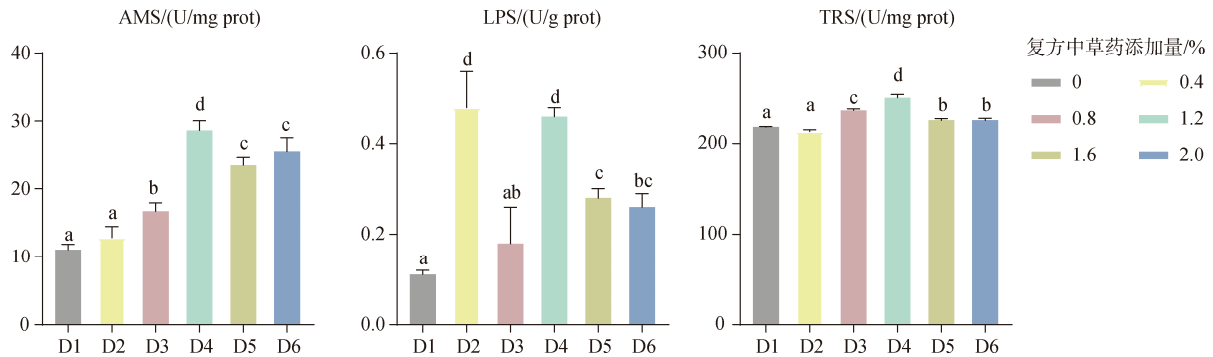


图 3 复方中草药对黑棘鲷肠道消化酶的影响

Fig. 3 Effects of the dietary compound Chinese herbs on the digestive activities in the gut of *A. schlegelii*.

3 讨论

3.1 复方中草药对黑棘鲷生长性能的影响

中草药含有丰富的活性成分和营养物质, 具有促进生长和提高肉品质的作用。本试验在饲料中添加包括党参、黄芪、板蓝根等 12 种中草药组成的复方制剂, 0.4% 添加量时, 显著提高了增质量率和特定生长率, 降低了饵料系数, 提高了生长性能。有研究表明党参、板蓝根、黄芪等中草药单独使用或配伍使用能提高养殖动物生长性能。张宝龙等^[31]报道饲料中添加党参显著提高黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*) 增质量率并降低饵料系数, 且最佳浓度和饲养时间为 0.72% 和 28 d; 佟延南等^[32]报道饲料中添加 5% 板蓝根复方饲喂罗非鱼 (*Oreochromis mossambicus*), 其

增质量率和饲料转化率达到最大, 最佳饲喂时间为 21 d, 28 d 后效果开始下降; 上述报道与本试验结果相似, 但添加浓度明显高于本试验, 可能由于本试验中由众多中草药配伍而成, 不同中草药间发挥协同作用, 从而降低添加浓度; 杨政高^[33]报道由黄芪、板蓝根、山楂 (*Crataegus pinnatifida*) 和当归 (*Angelica sinensis*) 组成的复方中草药能显著提高珍珠龙胆石斑鱼 (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀) 生长性能, 最佳添加量为 1.5%, 与本试验结果相似, 但其中草药种类较少或者鱼种差异可能是导致添加量高于本试验的原因, 中草药间配伍不同, 其协同效果也不同; 吴彬^[34]报道在饲料中添加 0.5% 黄芩 (*Scutellaria barbata*)、金银花、板蓝根、黄芪饲喂吉富罗非鱼 (*Oreochromis niloticus*) 均显著

提高生长性能,其中以黄芪组最佳,说明单一中草药间促生长效果有明显差异;石和荣等^[35]用由板蓝根、黄芪、黄芩、忍冬藤(*Caulis loniceræ*)、白芷(*Angelica dahurica*)和甘草(*Radix glycyrrhizæ*)组成的复合中草药添加剂饲喂虎龙杂交石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*E.lanceolatus*♂),在添加量为0.4%时,肥满度显著增加,饵料系数显著降低;路晶晶等^[36]将16种中草药按照中医配伍理论设计出4组中草药配方,并以2%添加量加入到饲料中饲喂大菱鲂(*Scophthalmus maximus*),结果显示所有添加组均显著提高生长性能,且不同组别间效果各有所长。中草药种类繁多,作用也不尽相同,根据其特性和中医配伍理论设计出合理中草药复方添加剂是目前利用中草药作为饲料添加剂的最佳方式,本试验以12组中草药组成复方添加剂,能显著提高黑棘鲷生长性能,但其作用机理及其配伍原理尚不清楚,还需进一步深入研究。在本试验中复方中草药对黑棘鲷生长性能作用效果最适添加量为0.4%。

3.2 复方中草药对黑棘鲷血清生化指标的影响

血液中总胆固醇和甘油三酯水平的升高和降低与血脂水平息息相关。总胆固醇和甘油三酯水平过高时容易引发动脉粥样硬化、糖尿病、高血压和乳糜微粒血症等病症^[37-38]。低密度脂蛋白胆固醇水平升高时会沉积在动脉壁中,逐渐形成动脉粥样硬化性斑块,诱导多种疾病,高密度脂蛋白胆固醇在胆固醇稳态中发挥重要作用,具有诱导抗动脉粥样硬化和血管保护作用^[39]。本试验中,复方中草药添加量在0.4%、1.2%和1.6%时显著降低血液中总胆固醇含量,0.4%添加量显著提高高密度脂蛋白胆固醇含量,且降低低密度脂蛋白含量最为显著;在黑棘鲷饲料中添加0.4%本复方中草药时,具有较明显改善血脂水平的作用。肖颖等^[40]报道饲料中添加0.8%复方中草药能显著降低鲤鱼(*Cyprinus carpio*)血清总胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白含量,与本试验结果相似,但其高密度脂蛋白含量同时降低,这与本试验结果相反,这点可能由于复方组成不同造成;LIN等^[41]报道黄芪提取物和杜仲提取物能够显著降低银鲑鱼(*Carassius auratus gibelio*)总胆固醇和甘油三酯含量,且两者联用效果更好;中草药中含有丰富的活性成分,如:多糖类、黄酮类、多酚类、皂苷类等,具有很好的降低血脂效果,黄张帆^[42]报道在高脂饲料中

添加适量黄芪多糖具有显著改善花鲈(*Lateolabrax maculatus*)脂代谢的效果;金银花中含有丰富的绿原酸,杨天俊等^[43]探究高脂饲料中添加绿原酸对草鱼(*Ctenopharyngodon Idella*)脂质代谢的影响,结果显示,绿原酸能显著降低血液中总胆固醇和低密度脂蛋白含量,提高高密度脂蛋白含量;同样地,杜仲活性成分也具有调节脂代谢作用^[44]。本试验所用复方中草药中含有党参、黄芪、板蓝根、杜仲、金银花等均具有丰富的多糖、黄酮及生物碱等活性物质,将其合理配伍后发挥出显著改善血脂的效果。同时,本复方中板蓝根、麦冬、大黄、焯壳、金银花、黄芪等属于寒性中药,有研究表明^[45],短期寒性中药可促进小鼠附睾脂肪组织脂质代谢,长期寒热中药干预对机体脂质水平几乎没有明显影响。所以,寒性中药在短期配伍使用做饲料添加剂时,可能对改善血脂水平具有积极作用。在本试验中复方中草药对黑棘鲷改善血脂作用效果最适添加量为0.4%。

3.3 复方中草药对黑棘鲷非特异性免疫的影响

相较于特异性免疫,鱼类更依靠非特异性免疫^[46]。超氧化物歧化酶(SOD)具有清除生物体内的天然自由基的作用;过氧化氢酶(CAT)是一种酶类清除剂,是机体防御体系的关键酶之一;碱性磷酸酶将底物去磷酸化;这些酶类对于提高机体抗氧化能力和非特异性免疫具有重要作用。本试验发现复方中草药能够显著提高黑棘鲷SOD和CAT活性,且添加量为1.6%时,AKP活性也有显著提升,具有提高机体非特异性免疫的作用;潘玉财等^[47]报道虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)饲料中添加复方中草药能显著提高其SOD、CAT活性,且最适添加量为2%,与本试验结果相似,且其复方中十种中草药有五种与本复方相同,分别为:党参、板蓝根、麦冬、金银花、黄芪,说明本复方中草药中其主要提高非特异性免疫作用效果可能由几种中草药共同决定,剩余可能为辅助作用。同样地,郑善坚等^[48]报道复方中草药制剂能增强草鱼非特异性免疫机能,饲喂7d SOD活性达到最高,14d反而有所下降,说明复方中草药增强非特异免疫可能是短期作用,长期饲喂可能被鱼体完全代谢,作用效果下降。徐安乐等^[30]采用与本复方组成完全相同的中草药配方饲喂珍珠龙胆石斑鱼,结果显示,添加量在0.8%和1.2%时能很好地提高石斑鱼的免疫能力,与本试验结果相似,但添加量较本试验略低,可能是因为鱼种不同导致,差异较小。此外,尚未证明本试验结果中SOD和CAT活性显著提高

的原因是本复方中草药的促进效果还是其引起机体产生应激反应,进而导致相关应激蛋白含量增加;但目前十分缺乏关于中草药是否会引引起机体产生应激反应的报道,较少的研究表明部分中草药活性成分会诱导机体产生氧化应激,如高剂量的柴胡皂苷会在肝脏引起更多的氧化应激,导致急性肝损伤^[49];一定剂量的雷公藤内酯也能促进氧化应激的增加^[50]。但类似的报道较少,大量的报道均集中于中草药中活性成分具有缓解应激的效果,如槲皮素^[51]、橙皮苷^[52]和芹菜素^[53]等均具有增加抗氧化,缓解氧化应激的能力。一般来说,中草药能够提高机体抗氧化能力,表现出有益作用,但的确存在少量中草药活性物质能诱导机体产生氧化应激。中草药中含有的活性成分非常复杂,其相关作用效果与机制研究也相对缺乏,亦没有大量实验证实其安全性,过量或长期食用后的不良反应背后的机制研究报道更是少之又少。未来需要更深入地研究中草药中具体活性成分的作用效果和机制以及中草药安全性,促进中草药的实践应用。

中草药中含有多种免疫活性物质,如多糖、生物碱等均能对生物免疫起调节作用;对水产动物而言,这些活性成分调节免疫主要通过提高非特异性免疫途径发挥作用^[54];有报道^[55]黄芪多糖对大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)非特异性免疫具有明显调节作用;杨天俊^[56]报道饲喂 400 mg/kg 绿原酸能显著提高草鱼免疫能力;窦霞等^[57]报道红党参多糖和党参多糖均能提高免疫力低下模型小鼠的免疫功能;众多报道中草药免疫活性成分单一使用具有明显效果,但关于其配伍使用却鲜有报道,可能配伍后其协同作用导致其免疫效果更加显著。本试验中党参、金银花、黄芪等均含有丰富的免疫活性物质,与其他种类中草药配伍使用后,其发挥增强免疫作用效果可能得到增强,显著提高黑棘鲷非特异性免疫能力。

3.4 复方中草药对黑棘鲷肠道消化酶活性的影响

淀粉酶能促进淀粉和糖原的水解,与鱼类消化能力息息相关^[58];脂肪酶能够水解甘油三酯,产生游离脂肪酸和单酰甘油,供组织吸收利用或储存在脂肪组织中^[59];胰蛋白酶作为最重要的水解蛋白酶,以裂解碱性氨基酸羧基蛋白链的形式进行水解蛋白,参与多种生理生化过程,促进机体生长^[60]。本试验通过检测肠道淀粉酶、脂肪酶和胰蛋白酶活性来评估中草药对黑棘鲷消化能力的作用效果,结果表明,淀粉酶、脂肪酶和胰蛋白酶活性随着中草药的

添加均显著上升,本复方中草药具有很好的促进消化作用。冒树泉等^[61]报道以板蓝根和大黄组成复方中草药可以提高大鳞副泥鳅消化能力;黄景军等^[62]报道由车前草(*Plantago asiatica*)、藿香(*Agastache rugosa*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)、厚朴(*Magnoliae officinalis cortex*)4 种中草药按质量比制成的复方中草药作为饲料添加剂能显著提高鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*)消化酶活性,这与本试验结果相似。同时许多中草药能够调节肠道菌群微生态平衡,表现为调控肠道菌群组成及其代谢产物^[63]。汤菊芬等^[64]报道中草药能够促进罗非鱼肠道双歧杆菌(*Bifidobacterium*)、乳酸杆菌(*Lactobacillus*)的生长,且另有研究证实黄芪、杜仲、山楂等多味中草药能提高动物肠道中的双歧杆菌、乳酸杆菌数量^[65];肠道菌群的稳态与肠道健康有重要联系,肠道微生物多样性越高,肠道微生态就越稳定;有报道称微生物群落的变化又会反过来影响肠道中胆汁酸的种类^[66],进而促进膳食脂肪的吸收和新陈代谢,主要表现为吸收脂溶性维生素和胆固醇,促进消化;同时肠道菌群代谢产物如短链脂肪酸(short chain fatty acids, SCFAs)等也能促进消化,陶金华等^[67]研究菊花多糖对三硝基苯磺酸(trinitrobenzenesulfonic acid, TNBS)诱导的结肠炎大鼠的治疗机制,测定其肠道内 SCFAs 含量变化,结果显示,乙酸、丁酸、丙酸、异丁酸等显著增高;另有报道中草药能够促进肠道上皮细胞和绒毛的长度,增强机体对营养物质的吸收作用^[68]。陈伟军等^[69]将壳聚糖加入凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)商品饲料中,发现其肠道上皮细胞排列更为紧密,肠道绒毛长度显著增加;本试验所用中草药中富含黄芪多糖、葡糖糖氨基酸、黄酮类物质和微量元素等,具有促进机体代谢和蛋白以及酶类合成的作用,这可能是导致黑棘鲷肠道消化酶活性显著提高的主要原因。王咏梅^[70]报道桑叶黄酮能够增加肠道菌群多样性;张建明等^[71]报道黄芪多糖能显著增加长江鲟(*Acipenser dabryanus*)消化酶活性,且最适添加量为 0.2 g/kg;本试验中多种中草药配伍使用,含有丰富的活性因子,结果表明能够显著提高黑棘鲷肠道消化能力。

4 结论

综上所述,建议复方中草药适宜添加量为 0.4%~1.2%。其中,在 0.4%添加量下,增质量率提高 14.5%,饵料系数降低 16.3%。黑鲷饲料中添加复方

中草药能够显著提高生长性能、非特异性免疫和肠道消化酶活性,并有改善血脂的作用。

参考文献:

- [1] LIU H, SU J. Vulnerability of China's nearshore ecosystems under intensive mariculture development[J]. *Environ Sci Pollut Res*, 2017, 24: 8957-8966.
- [2] CAO L, NAYLOR R, HENRIKSSON P, et al. China's aquaculture and the world's wild fisheries[J]. *Science*, 2015, 347(6218): 133-135.
- [3] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告. 第 194 号[EB/OL]. (2019-7-10) [2023-3-30]. Ministry of Agriculture and Rural of the People's Republic of China. Ministry of Agriculture and Rural of the People's Republic of China: NO.194 [EB/OL]. (2019-7-10) [2023-3-30].
- [4] 蔡艳, 陈婷, 刘红. 中草药在水产养殖中的应用及研究[J]. *现代畜牧科技*, 2023(3): 48-50.
CAI Yan, CHEN Ting, LIU Hong, et al. Application and research of Chinese herbal medicine in aquaculture[J]. *Modern Animal Husbandry Science & Technology*, 2023(3): 48-50.
- [5] 黄元元, 王森, 杜立红, 等. 中草药添加剂在畜禽生产中的应用[J]. *饲料研究*, 2022, 45(2): 145-149.
HUANG Yuanyuan, WANG Sen, DU Lihong, et al. Application of Chinese herbal medicine additive on livestock and poultry[J]. *Feed Research*, 2022, 45(2): 145-149.
- [6] 李亚丽, 朴向民, 逢世峰, 等. 中草药中氨基酸的前处理及色谱法分析[J]. *特产研究*, 2019, 41(3): 112-117.
LI Yali, PIAO Xiangmin, PANG Shifeng, et al. The pretreatment and chromatography analysis of amino acids in Chinese herbal medicine[J]. *Special Wild Economic Animal and Plant*, 2019, 41(3): 112-117.
- [7] 汪丹, 闫加力, 王梦园, 等. 恩施州中草药硒、锶、锑、锌元素含量特征及其影响因素研究[J]. *资源环境与工程*, 2022, 36(5): 651-657.
WANG Dan, YAN Jiali, WANG Mengyuan, et al. Study on content characteristics and influencing factors of selenium, strontium, germanium and zinc in Chinese herbal medicine in Enshi prefecture[J]. *Resources Environment & Engineering*, 2022, 36(5): 651-657.
- [8] PU H Y, LI X Y, DU Q B, et al. Research progress in the application of Chinese herbal medicines in aquaculture: A review[J]. *Engineering*, 2017, 3(5): 731-737.
- [9] ZHANG Y, BIAN Y Y, CUI Q M, et al. Effect of dietary complex Chinese herbal medicine on growth performance, digestive enzyme activities in tissues and expression of genes involved in the digestive enzymes and antioxidant enzymes and bacterial challenge in *Litopenaeus vannamei*[J]. *Aquaculture Research*, 2021, 52(12): 6741-6750.
- [10] HOU T L, LIU H R, LI C T. Traditional Chinese herb formulas in diet enhance the non-specific immune responses of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) and resistance against *Aeromonas hydrophila*[J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2022, 131: 631-636.
- [11] YIN X Y, LIU W Y, CHEN H, et al. Effects of ferulic acid on muscle development and intestinal microbiota of zebrafish[J]. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2022, 106(2): 429-440.
- [12] ZHANG X, XIAO J, GUO Z B, et al. Transcriptomics integrated with metabolomics reveals the effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on apoptosis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)[J]. *Genomics*, 2022, 114(1): 229-240.
- [13] ZHOU X H, WANG Y C, YU J, et al. Effects of dietary fermented Chinese herbal medicines on growth performance, digestive enzyme activity, liver antioxidant capacity, and intestinal inflammatory gene expression of juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*)[J]. *Aquaculture Reports*, 2022, 25: 101269.
- [14] XU A L, SHANG-GUAN J B, LI Z B, et al. Effects of dietary Chinese herbal medicines mixture on feeding attraction activity, growth performance, nonspecific immunity and digestive enzyme activity of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*)[J]. *Aquaculture Reports*, 2020, 17: 100304.
- [15] WANG C A, LIU H B, MU G Q, et al. Effects of traditional Chinese medicines on immunity and culturable gut microflora to *Oncorhynchus masou*[J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2019, 93: 322-327.
- [16] ZHANG W N, ZHAO J P, MA Y F, et al. The effective components of herbal medicines used for prevention and control of fish diseases[J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2022, 126: 73-83.
- [17] ZHANG Y, LIU F, WANG F. Combined effects of jujube, Chinese yam and astragalus on digestion, immunity and intestinal microflora of rainbow trout[J]. *Aquaculture Research*, 2022, 53(13): 4663-4675.
- [18] MENG X L, CAI H M, LI H, et al. Clostridium butyricum-fermented Chinese herbal medicine enhances the immunity by modulating the intestinal microflora of largemouth bass (*Micropterus salmoides*)[J]. *Aquaculture*, 2023, 562: 738768.
- [19] WANG S, HU Y, TAN W, et al. Compatibility art of traditional Chinese medicine: From the perspective of herb pairs[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2012, 143(2): 412-423.
- [20] 王裕玉, 徐钢春, 张志伟, 等. 黑鲷营养需求与饲料研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2020, 48(3): 56-63.
WANG Yuyu, XU Gangchun, ZHANG Zhiwei, et al.

- Research progress on nutritional requirement and feed of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*)[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48(3): 56-63.
- [21] 王思婷. 盐度对黑鲷抗氧化系统的影响及杂交鲷鱼与亲本的脂肪酸成分比较[D]. 南京: 南京师范大学, 2018.
WANG Siting. Effects of salinity on antioxidant system of black snapper and comparison of fatty acid composition between hybrid snapper and parent[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2018.
- [22] 聂志娟, 邵乃磷, 张志伟, 等. 两种养殖模式下黑鲷肠道及养殖水体菌群结构特征的研究[J]. *中国农学通报*, 2021, 37(27): 155-164.
NIE Zhijuan, SHAO Nailin, ZHANG Zhiwei, et al. Intestine of *Acanthopagrus schlegelii* and microbial communities in the aquatic water: study in two culture modes[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2021, 37(27): 155-164.
- [23] 余传启. 海带对黑鲷肝脏健康的影响及其分子机制研究[D]. 汕头: 汕头大学, 2021.
YU, Chuanqi. Effects of kelp on liver health of black Snapper and its molecular mechanism[D]. Shantou: Shantou University, 2021.
- [24] WU Z X, SHEN Y D, BAO Y G, et al. Evaluation of cottonseed oil as a substitute for dietary fish oil of juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*): Based on growth, lipid metabolism, antioxidant capacity and pi3k/akt pathway[J]. *Aquaculture Reports*, 2022, 27: 101411.
- [25] ULLAH S, ZHANG J Z, XU B Y, et al. Effect of dietary supplementation of lauric acid on growth performance, antioxidative capacity, intestinal development and gut microbiota on black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*)[J]. *PloS One*, 2022, 17(1): e0262427.
- [26] WANG L, SAGADA G, XU B Y, et al. Influence of dietary berberine on liver immune response and intestinal health of black sea bream (*acanthopagrus schlegelii*) fed with normal and high-lipid diets[J]. *Aquaculture Nutrition*, 2022, 2022: 6285266.
- [27] WANG L, XU B Y, SAGADA G, et al. Dietary berberine regulate lipid metabolism in muscle and liver of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) fed normal or high-lipid diets[J]. *The British Journal of Nutrition*, 2020, 125(5): 481-493.
- [28] PAN T T, QIU H, ZHU T T, et al. Dietary lipid level affects growth performance, antioxidant capacity, hematological characteristics and lipid metabolism in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*)[J]. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 2018, 70: 1521.
- [29] WANG L, SAGADA G, WANG B, et al. Transcriptomic analysis and histological alteration of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) liver fed different protein/energy ratio diets[J]. *Aquaculture Nutrition*, 2022, (2022): 6857698.
- [30] 徐安乐, 黎中宝, 上官静波, 等. 复方中草药对珍珠龙胆石斑鱼生长、非特异性免疫及消化酶活性的影响[J]. *海洋学报*, 2018, 40(12): 49-57.
XU Anle, LI Zhongbao, SHANGGUAN Jingbo, et al. Effects of compound Chinese herbal medicine on growth, non-specific immunity and digestive enzyme activities of pearl gentian grouper[J]. *Acta Oceanologica Sinica in Chinese*, 2018, 40(12): 49-57.
- [31] 张宝龙, 曲木, 暴雨梅, 等. 饲料中党参水平对黄颡鱼生长及抗氧化能力的影响[J]. *饲料与畜牧*, 2018, 7: 51-55.
ZHANG Baolong, QU Mu, BAO Limei, et al. Effects of dietary codonopsis level on growth and antioxidant capacity of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*)[J]. *Animal Agriculture*, 2018, 7: 51-55.
- [32] 佟延南, 肖蕊, 郭忠宝, 等. 饲料中添加板蓝根复方对吉富罗非鱼生长性能及抗病力的影响[J]. *江苏农业科学*, 2022, 50(21): 181-186.
TONG Yannan, XIAO Rui, GUO Zhongbao, et al. Influences of adding compound banlangen in feed on growth performance and disease resistance of nife tilapia[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2022, 50(21): 181-186.
- [33] 杨政高. 复方中草药对珍珠龙胆石斑鱼生长、肠道菌群、免疫功能和血清代谢组学的影响[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2022.
YANG Zhenggao. Effects of compound Chinese herbal medicine on growth, intestinal flora, immune function and serum metabolomics of gentian grouper[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2022.
- [34] 吴彬. 日粮中添加黄芩、金银花、板蓝根、黄芪对吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)生长和免疫性能影响[D]. 南宁: 广西大学, 2015.
WU Bin. Effects of dietary skullcap, honeysuckle, radix isatis, astragalus on growth and immune performance of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*)[D]. Nanning: Guangxi University, 2015.
- [35] 石和荣, 何琪, 吕晴霁, 等. 饲料中添加复方中草药或核苷酸对虎龙杂交石斑鱼生长和免疫的影响[J]. *水产学杂志*, 2019, 32(6): 41-47.
SHI Herong, HE Qi, LU Qingji, et al. Effect of compound Chinese medicine and nucleotide additives on growth and immunity of hybrid grouper(*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*E. lanceolatus*♂)[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2019, 32(6): 41-47.
- [36] 路晶晶, 郭冉, 齐国山, 等. 复方中草药对大菱鲆生长性能及非特异性免疫指标的影响[J]. *大连海洋大学学报*, 2018, 33(6): 722-728.
LU Jingjing, GUO Ran, QI Guoshan, et al. Effects of

- Chinese herbal medicine compounds on growth and non-specific immunity of turbot *Scophthalmus maximus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2018, 33(6): 722-728.
- [37] LIU Z L, LIU J P, ZHANG A L, et al. Chinese herbal medicines for hypercholesterolemia[J]. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2011, 7: CD008305.
- [38] LIU Z L, LI G Q, BENSOUSSAN A, et al. Chinese herbal medicines for hypertriglyceridaemia[J]. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2013, 6: CD009560.
- [39] SHAM T T, CHAN C O, WANG Y H, et al. A review on the traditional Chinese medicinal herbs and formulae with hypolipidemic effect[J]. Biomed Research International, 2014, 925302.
- [40] 肖颖, 耿晓桐, 龚静, 等. 不同水平中草药添加剂对鲤鱼生长性能、血清生化及抗氧化性能的影响[J]. 中国饲料, 2021, 24: 54-57.
XIAO Ying, GENG Xiaotong, GONG Jing, et al. Effects of different levels of Chinese herbal medicine additives on growth performance, blood biochemistry, antioxidant activity of carp[J]. China Feed, 2021, 24: 54-57.
- [41] LIN Y, LU S Y, TAHIR F A, et al. Effects of Astragalus membranaceus extract and Eucommia ulmoides leaf extract on growth performance, blood biochemistry, and antioxidant capacity of gibel carp juveniles (*Carassius auratus gibelio* var. CAS V) [J]. Aquaculture Reports, 2023, 29: 101469.
- [42] 黄张帆. 三种多糖对花鲈生长及脂代谢的影响[D]. 厦门: 集美大学, 2021.
HUANG Zhangfan. Influences of three kinds of polysaccharides on growth and lipid metabolism of spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*) [D]. Xiamen: Jimei University, 2021.
- [43] 杨天俊, 陈彦良, 刘文舒, 等. 高脂饲料中添加绿原酸对草鱼生长性能和脂质代谢的影响[J]. 动物营养学报, 2018, 30(8): 3219-3228.
YANG Tianjun, CHEN Yanliang, LIU Wenshu, et al. Effects of chlorogenic acid supplementation in high-fat diets on growth performance and lipid metabolism of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*)[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2018, 30(8): 3219-3228.
- [44] 杨航. 杜仲(*Eucommia ulmoides*)及其活性成分对草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)生长、脂代谢和肌肉品质的调控及机理研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2021.
YANG Hang. The regulation of *Eucommia ulmoides* and its active components on growth, lipid metabolism and flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) in vitro and in vivo[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2021.
- [45] TAO X, LI B, WU G, et al. Comparative study on short and long-term intervention impacts of six Chinese herbs with cold or heat property on lipid and energy metabolism in mice[J]. China journal of Chinese materia medica, 2022, 47(7): 1904-1912.
- [46] 李莉, 李春梅. 鱼类非特异性免疫研究进展[J]. 河南农业科学, 2012, 41(2): 26-32.
LI Li, LI Chunmei. Research progress on non-specific immune of fish[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2012, 41(2): 26-32.
- [47] 潘玉财, 黄进强, 李永娟, 等. 复方中草药对虹鳟脾脏非特异性免疫指标及免疫相关基因表达的影响[J]. 农业生物技术学报, 2022, 30(8): 1580-1593.
PAN Yucai, HUANG Jinqiang, LI Yongjuan, et al. Effects of compound Chinese herbal medicine on non-specific immunity parameters and immune-related gene expressions in spleen of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. Journal of Agricultural Biotechnology, 2022, 30(8): 1580-1593.
- [48] 郑善坚, 胡金春, 叶霆, 等. 一种复方中草药制剂对草鱼非特异性免疫机能的影响[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(1): 151-153.
ZHENG Shanjian, HU Jinchun, YE Ting, et al. Effect of a compound Chinese herbal preparation on non-specific immune function of *Grass carp*[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2022, 63(1): 151-153.
- [49] ZHANG Q Q, HUANG W Q, GAO Y Q, et al. Metabolomics reveals the efficacy of caspase inhibition for saikosaponin d-induced hepatotoxicity[J]. Frontiers in Pharmacology, 2018, 9(7): 732.
- [50] LI J, SHEN F H, GUAN C W, et al. Activation of nrf2 protects against triptolide-induced hepatotoxicity[J]. Plos One, 2014, 9(7): E100685.
- [51] PRATHEESHKUMAR P, SON Y O, DIVYA S P, et al. Quercetin inhibits Cr(VI)-induced malignant cell transformation by targeting miR-21-PDCD4 signaling pathway[J]. Oncotarget, 2017, 8(32): 52118-52131.
- [52] MENG C Y, GUO Z H, LI D G, et al. Preventive effect of hesperidin modulates inflammatory responses and antioxidant status following acute myocardial infarction through the expression of PPAR gamma and Bcl2 in model mice[J]. Mol Med Rep, 2018, 17: 1261-1268.
- [53] KOWALSKA I, WADACH W, ASTOCHMAL A, et al. A comparison of the effects of apigenin and seven of its derivatives on selected biomarkers of oxidative stress and coagulation in vitro[J]. Food Chem Toxicol, 2020, 136: 111016.
- [54] 张耀武, 郑建武, 李文辉, 等. 复方中草药制剂对黄颡鱼生长和非特异性免疫功能的影响[J]. 水产科学, 2010, 29(4): 225-228.
ZHANG Yaowu, ZHENG Jianwu, LI Wenhui, et al. Effects of Chinese herbal medicines on growth and non-specific immunity in yellow catfish *Pelteobagrus*

- fulvidraco*[J]. Fisheries Science, 2010, 29(4): 225-228.
- [55] 陈亚军. 黄芪多糖对大鳞副泥鳅(*Paramisgurnus dabryanus*)免疫调节作用的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2016.
CHEN Yajun The immune regulation of Astragalus polysaccharides on *Paramisgurnus dabryanus*[D]. Suzhou: Soochow University, 2016.
- [56] 杨天俊. 高脂饲料中绿原酸对草鱼生长性能、免疫能力、抗氧化能力及脂质代谢的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2017.
YANG Tianjun. Effects of chlorogenic acid in high fat diet on growth performance, immune capacity, antioxidant capacity and lipid metabolism of juvenile grass carp[D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2017.
- [57] 窦霞, 杨锡仓, 史巧霞, 等. 红党参多糖对免疫力低下模型小鼠免疫功能的影响[J]. 甘肃中医药大学学报, 2021, 38(6): 7-11.
DOU Xia, YANG Xicang, SHI Qiaoxia, et al. Effects of codonopsis radix praeparata halloysita ruba polysaccharides on immune function in model mice with hyp immunity[J]. Journal of Gansu University of Chinese Medicine, 2021, 38(6): 7-11.
- [58] VOHRINGER M L, BECKER T W, KRIEGER G, et al. Synergistic DNA damaging effects of malondialdehyde/Cu(II) in PM2 DNA and in human fibroblasts[J]. Toxicology Letters, 1998, 94(3): 159-166.
- [59] TINGSEN J, HUI L, JUNWA H, et al. Mulberry leaf extract improves non-specific immunity and antioxidant capacity of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) fed a high-starch diet[J]. Frontiers In Marine Science, 2022, 9: 1029360.
- [60] MIAO L, CHARLES O, LIN Y, et al. Interactive effects of mulberry leaf meal and bamboo charcoal additive on growth performance, anti-oxidant capacity, and disease resistance of genetically improved farmed tilapia (GIFT) juvenile (*Oreochromis niloticus*)[J]. Aquaculture Reports, 2020, 18: 100483.
- [61] 冒树泉, 宋理平, 许鹏, 等. 复方中草药对大鳞副泥鳅生长、消化酶及抗氧化能力的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(4): 499-504.
MAO Shuquan, SONG Liping, XU Peng, et al. Effects of compound Chinese herbal medicines on growth, digestive enzyme activity and antioxidant ability of loach *Paramisgurnus dabryanus*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2019, 34(4): 499-504.
- [62] 黄景军, 何琪, 赵会宏, 等. 饲料中添加复方中草药对鞍带石斑鱼生长与消化酶活性的影响[J]. 饲料工业, 2021, 42(4): 53-58.
HUANG Jingjun, HE Qi, ZHAO Huihong, et al. Effect of compound Chinese herbal on the growth and digestive enzyme of giant grouper(*E. Lanceolatus*)[J]. Feed Industry, 2021, 42(4): 53-58.
- [63] 王鑫楠, 王维维, 辛贵忠, 等. 中草药调控肠道微生态组成与代谢的研究进展[J]. 中医学报, 2019, 47(4): 117-124.
WANG Xinnan, WANG Weiwei, XIN Guizhong, et al. Research advances on the composition and metabolites of intestinal flora regulated by Chinese herbal medicine[J]. Acta Chinese Medicine and Pharmacology, 2019, 47(4): 117-124.
- [64] 汤菊芬, 吴灶和, 简纪常, 等. 复方中草药对吉富罗非鱼生长及肠道菌群的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(6): 46-49.
TANG Jufen, WU Zaohe, JIAN Jichang, et al. Effects of Chinese herbal medicine on growth performance and intestinal microflora of gift strain of Nile tilapia(*Oreochromis niloticus*)[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2009, 29(6): 46-49.
- [65] 曹国文, 曾代勤, 戴荣国, 等. 中草药添加剂对断奶猪肠道菌群与生产性能的影响[J]. 中国兽医科技, 2003, 11: 54-58.
CAO Guowen, ZENG Daiqin, DAI Rongguo, et al. Observation on effect of the Chinese herbal disinfectant Beiqian No.1 upon bacteria[J]. Chinese Veterinary Science, 2003, 11: 54-58.
- [66] 贺凯. 黄连生物碱调节高脂 C57BL/6J 小鼠胆汁酸信号通路和肠道微生物改善血脂异常研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017.
HE Kai. Rhizoma coptidis alkaloids exert their anti-hyperlipidemic effects through modulation of bile acids signaling and gut microbiota in hyperlipidemia C57BL/6J mice [D]. Chongqing: Southwest University, 2017.
- [67] 陶金华. 菊非药用部位多糖类物质干预炎症性肠病的效应机制研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2017.
TANG Jinhua. Study on the effect mechanism of polysaccharide from non-medicinal parts of Chrysanthemum on inflammatory bowel disease[D]. Nanjing: Nanjing University Of Chinese Medicine, 2017.
- [68] 吕元, 洗健安, 陈惠琴, 等. 饲料添加中草药制剂对凡纳滨对虾肠道及菌群结构的影响[J]. 饲料研究, 2021, 44(14): 149-152.
LV Yuan, XIAN Jianan, CHEN Huiqin, et al. Effect of dietary Chinese herbal preparation on intestinal tract and microflora structure of *Litopenaeus vannamei*[J]. Feed Research, 2021, 44(14): 149-152.
- [69] 陈伟军, 朱传忠, 杨新冬, 等. 壳寡糖对凡纳滨对虾生长、抗氧化能力和肠道结构的影响[J]. 饲料研究, 2019, 42(12): 23-27.
CHEN Weijun, ZHU Chuanzhong, YANG Xindong, et al. Effect of chitosan oligosaccharides on growth performance oxidation resistance and intestinal structure of *Litopenaeus vannamei*[J]. Feed Research, 2019,

- 42(12): 23-27.
- [70] 王咏梅. 桑叶黄酮对凡纳滨对虾生长、抗氧化和肠道健康的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.
WANG Yongmei. Effects of mulberry leaf flavonoids on growth, antioxidant and intestinal health of *Litopenaeus vannamei*[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [71] 张建明, 张德志, 舒德斌, 等. 黄芪多糖和茯苓多糖对长江鲟抗氧化指标、免疫指标和消化酶活性的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2023, 662(2): 110-118.
ZHANG Jianming, ZHANG Dezhi, SHU Debin, et al. Effects of *Astragalus* polysaccharide and *Wolfiporia cocos* polysaccharides on antioxidant indexes, immune indexes and digestive enzyme activities of juvenile *Acipenser dabryanus*[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2023, 662(2): 110-118.

Effects of compound Chinese herbs on growth performance, nonspecific immunity, and intestinal digestive enzyme activity of *Acanthopagrus schlegelii*

HU Xiaowei^{1, 2}, LIU Longhui^{1, 2}, CHENG Qiang^{1, 2}, LI Wenjing^{1, 2}, Lli Zhongbao^{1, 2}

(1. Jimei University Fisheries College, Xiamen 361021, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Fishery Resources and Eco-environment, Xiamen 361021, China)

Received: Jul. 14, 2023

Key words: compound Chinese herbs; *Acanthopagrus schlegelii*; growth performance; non-specific immunity; digestive enzyme

Abstract: This study aims to explore the effects of compound Chinese herbal medicine on the growth performance, nonspecific immunity, and intestinal digestive enzyme activity of *Acanthopagrus schlegelii*. Compound Chinese herbs are prepared by combining *Massa Medicata Fermentata*, *Fructus aurantii*, *Codonopsis pilosula*, *Eucommia ulmoides*, *Lonicera japonica*, *Astragalus membranaceus*, *Asparagus cochinchinensis*, *Rheum palmatum*, *Agrimonia pilosa*, *Ophiopogon japonicus*, *Isatis tinctoria*, and *Artemisia argyi*. The compound Chinese herbal medicine was added to the basal diet in gradient (0%, 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6%, 2.0%) and fed to *A. schlegelii* for 28 days. The results show that the weight gain rate (WGR) and the specific growth rate significantly increase ($P < 0.05$), while the feed conversion ratio (FCR) significantly decreases ($P < 0.05$). The WGR increases by 14.5%, while the FCR decreases by 16.3%. At the 0.4% supplemental level of the compound Chinese herb, the total cholesterol (TC), triglyceride (TG), and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) contents in serum significantly decrease. At the 0.4%, 1.2%, and 1.6% supplemental levels ($P < 0.05$), the TC significantly decrease, and the LDL-C contents decrease in all the Chinese herbal medicine supplemental groups ($P < 0.05$). The superoxide dismutase and catalase activities greatly increase in the Chinese herbal medicine supplemental groups ($P < 0.05$). Lastly, the amylase, lipase, and trypsin activities in the addition group are significantly higher than those in the control group ($P < 0.05$). In conclusion, adding the compound Chinese herbal medicine at an optimal amount of 0.4%-1.2% can improve the growth performance, non-specific immunity, and intestinal digestive enzyme activity of *A. schlegelii* and effectively improve its blood lipid.

(本文编辑: 谭雪静)