

引用格式:

印双红, 罗雪莲, 马兴右, 刘阳, 张孟琴, 易彩霞, 毛宏, 李寅翠, 张俊波. 藤茶粉对杂交鲟生长性能和肌肉品质及肠道菌群的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(5): 596–602.

YIN S H, LUO X L, MA X Y, LIU Y, ZHANG M Q, YI C X, MAO H, LI Y C, ZHANG J B. Effects of *Ampelopsis grossedentata* powder on growth performance, muscle quality and intestinal microflora of hybrid sturgeon[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(5): 596–602.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



藤茶粉对杂交鲟生长性能和肌肉品质及肠道菌群的影响

印双红^{1,3}, 罗雪莲², 马兴右², 刘阳², 张孟琴^{3,4}, 易彩霞¹, 毛宏¹, 李寅翠¹, 张俊波^{2,3*}

(1.铜仁学院大健康学院, 贵州 铜仁 554300; 2.铜仁学院农林工程与规划学院, 贵州 铜仁 554300; 3.贵州省梵净山地区生物多样性保护与利用重点实验室, 贵州 铜仁 554300; 4.铜仁学院材料与化学工程学院, 贵州 铜仁 554300)

摘 要:将 180 尾、体质量为 (32.81 ± 1.28) g 的杂交鲟幼鱼随机均分为 4 组, 分别投喂藤茶粉添加水平为 0.00%(A0), 0.50%(A1)、1.00%(A2)、2.00%(A3)的试验饲料, 试验共进行 60 d, 每组 3 个重复, 每个重复 15 尾鱼, 试验结束后, 检测杂交鲟的生长性能、血清生化指标和免疫指标、肠道形态指标、消化酶活性和微生物多样性、肌肉组分含量和氨基酸组成。结果表明: 与 A0 相比, A1 和 A2 杂交鲟的终质量、增重率、特定生长率和成活率均无显著变化, A3 的终质量、增重率和特定生长率均显著降低; A1 的总胆固醇、甘油三酯、白蛋白含量及谷草转氨酶活性均显著升高, A2 和 A3 的谷草转氨酶活性均显著降低; 各试验组的血清碱性磷酸酶、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力及肠道蛋白酶、淀粉酶活性均显著升高, A2 的脂肪酶活性显著升高, A1 的脂肪酶活性显著降低; A1 和 A2 的肠道皱襞高度显著升高; A2 的肠道菌群的物种多样性增加; 各试验组的肌肉常规成分均无显著变化; A2 和 A3 肌肉的必需氨基酸占总氨基酸的比值显著升高。可见, 本研究条件下, 适量添加藤茶粉可提高杂交鲟的免疫水平而不影响其生长, 添加量以 1.00% 为宜。

关 键 词: 杂交鲟; 藤茶粉; 血清指标; 肌肉指标; 消化酶指标; 肠道微生物

中图分类号: S965.215; S816.7

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)05-0596-07

Effects of *Ampelopsis grossedentata* powder on growth performance, muscle quality and intestinal microflora of hybrid sturgeon

YIN Shuanghong^{1,3}, LUO Xuelian², MA Xingyou², LIU Yang², ZHANG Mengqin^{3,4},

YI Caixia¹, MAO Hong¹, LI Yincui¹, ZHANG Junbo^{2,3*}

(1.School of Sports and Health Science, Tongren University, Tongren, Guizhou 554300, China; 2.School of Agriculture and Forestry Engineering and Planning, Tongren University, Tongren, Guizhou 554300, China; 3.Guizhou Provincial Key Laboratory for Biodiversity Conservation and Utilization in the Fanjing Mountain Region, Tongren, Guizhou 554300, China; 4.College of Materials and Chemical Engineering, Tongren University, Tongren, Guizhou 554300, China)

Abstract: A total of 180 juvenile hybrid sturgeon with body mass of (32.81 ± 1.28) g were randomly divided into 4 groups and fed *Ampelopsis grossedentata* powder supplemented with 0.00%(A0), 0.50%(A1), 1.00%(A2) and 2.00%(A3) diets for 60 days with 3 replicates in each group and 15 fish in each replicate. The growth performance, serum biochemical and immune indexes, intestinal morphology indexes, digestive enzyme activity and microbial diversity, muscle component content and amino acid composition of hybrid sturgeon were collected respectively. The results showed that compared with A0, the final mass, mass gain rate, specific growth rate and survival rate of A1 and A2 hybrid sturgeon had no

收稿日期: 2022-04-13

修回日期: 2023-10-05

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2019]2348 号、黔科合支撑[2019]2383 号); 贵州省重点实验室项目(黔科合平台人才[2020]2003 号); 贵州省高层次创新人才培养项目(2018-(2016)-022); 贵州省普通高等学校工程中心建设项目(黔教合 KY[2012]028 号)

作者简介: 印双红(1986—), 女, 贵州松桃人, 硕士, 教授, 主要从事动物免疫学研究, ysh_hong2006@163.com; *通信作者, 张俊波, 博士, 教授, 主要从事水产微生物学研究, zhangjunbo666@126.com

significant changes, while the final mass, mass gain rate and specific growth rate of A3 were significantly decreased. The contents of total cholesterol, triglyceride, albumin and activity of glutamic oxaloacetic transaminase(AST) of A1 were significantly increased, while the AST activities of A2 and A3 were significantly decreased. Serum alkaline phosphatase, catalase, glutathione peroxidase and superoxide dismutase activities, total antioxidant capacity and intestinal protease and amylase activities were significantly increased in experimental groups, while the lipase activity of A2 was significantly increased and that of A1 was significantly decreased. The intestinal fold height of A1 and A2 were significantly increased. The species diversity of intestinal flora in A2 was increased. There were no significant changes in muscle routine components in all experimental groups. The ratio of essential amino acids to total amino acids in A2 and A3 muscles were significantly increased. In conclusion, under the conditions of this study, appropriate addition of *A. grossedentata* powder could improve the immune level of hybrid sturgeon without affecting its growth indexes, and the optimal addition amount is 1.00%.

Keywords: hybrid sturgeon; *Ampelopsis grossedentata* powder; serum index; muscle index; digestive enzyme index; intestinal microbe

杂交鲟具有生长速度快、抗病力强、肉质营养丰富等优点^[1]。然而，随着养殖规模的扩大，鲟鱼的许多疾病高发，严重阻碍了水产养殖业的发展^[2]。抗生素类饲料添加剂在水产动物生长和疾病的防治方面发挥重要作用。然而长期使用抗生素易导致动物体内耐药菌的产生，并且抗生素的残留量增加了对人类身体健康的威胁^[3]，需要开发安全有效的绿色饲料添加剂来取代抗生素。

藤茶是一种野生藤本植物，具有抗氧化、保肝、护肝等多种药用功效^[4]。藤茶主要有效成分为黄酮和茶多酚^[5]。藤茶提取物促进机体生长的机制可能与以下因素有关：具有改善机体肠道健康状况的作用，可修复肠道黏膜损伤，改善消化酶的分泌和作用^[6-7]；具有抗菌作用，可改善肠道菌群结构，降低腹泻率^[8-9]；具有修复肝脏损伤的功能^[10]；具有提高机体免疫力的作用^[11]。日粮中长期添加 0.03%

藤茶提取物可一定程度改善猪肉嫩度^[12]。笔者研究饲料中添加不同水平的藤茶粉对杂交鲟生长的影响，探究藤茶粉的适宜添加量，以期为藤茶粉作为杂交鲟的新型饲料添加剂的研发提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

体质量为(32.81±1.28) g 的 180 尾杂交鲟幼鱼，购于贵州省松桃吉光农业发展有限公司。藤茶粉购自陕西宝禾生物科技有限公司。以鱼粉和豆粕为主要蛋白源，鱼油为主要脂肪源，配制等氮等脂的 4 种试验饲料：基础饲料(对照)，在基础饲料中分别添加 0.50%、1.00%、2.00% 藤茶粉的 3 种饲料，用纤维素配平饲料配方(饲喂这 4 种饲料的试验组分别记为 A0、A1、A2、A3)。饲料配方及营养组成列于表 1。各组原料粉碎制成粒径为 1.5 mm 的颗粒。

表 1 饲料配方及营养组成

Table 1 Formula and nutritional composition of diets										%	
组别	饲料组分									营养水平	
	鱼粉	豆粕	次粉	鱼油	大豆磷脂	藤茶粉	纤维素	沸石	预混剂	粗蛋白	粗脂肪
A0	40.00	30.00	18.00	7.00	2.00	0.00	2.00	0.15	0.85	41.29	11.77
A1	40.00	30.00	18.00	7.00	2.00	0.50	1.50	0.15	0.85	41.03	11.65
A2	40.00	30.00	18.00	7.00	2.00	1.00	1.00	0.15	0.85	41.44	11.42
A3	40.00	30.00	18.00	7.00	2.00	2.00	0.00	0.15	0.85	41.55	11.52

预混剂由青岛玛斯特生物技术有限公司提供。

1.2 试验设计及饲养管理

将 180 尾杂交鲟幼鱼随机置于水箱内养殖，设置 4 个试验组，每组设置 3 个平行，每个平行 15 尾鱼。按 3 次/d 分别投喂 4 种饲料，日投饵量为鱼体质量的 2.0% ~ 4.0%，每天换水 1 次，试验时间为 60 d。

1.3 样品的采集

从每个水箱随机取 3 尾鱼，从尾静脉采血，将血样置于离心管中，3500 r/min 离心 10 min，取血清，用于检测生化指标和免疫指标；取背部肌肉，用于检测肌肉常规成分和氨基酸组成；截取前肠中

间部分约 0.5 cm, 用于制备肠道切片。从每个水箱随机取 3 尾鱼, 取整个肠道, 再加入 0.86% 的生理盐水, 制备匀浆, 4 °C、3000 r/min 离心 10 min, 取上清液, 用于检测消化酶的活性。从每个水箱随机各取 3 尾鱼, 取肠道内容物, 迅速将样品放入液氮中保存, 用于检测肠道菌群的变化。

1.4 测定方法

从每个水箱随机取 3 尾鱼, 检测鱼的体长和体质量, 计算增重率、特定生长率、成活率。分别采用凯氏定氮法(GB/T 6432—1994)、索氏抽提法(GB/T 6433—1994)、550 °C 灼烧法(GB/T 6438—1992)、105 °C 烘箱干燥法(GB/T 6435—2006)检测肌肉的粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、水分的含量。采用福林-酚试剂法测定肠道蛋白酶活性; 采用南京建成试剂盒测定淀粉酶、脂肪酶活性、血清生化及免疫指标。其中, 蛋白酶活力单位定义为在 37 °C 时每分钟水解酪素产生 1 μg 酪氨酸为一个酶活力单位(U); 脂肪酶活力定义为在 37 °C 时每克组织蛋白在反应体系中与底物反应 1 min, 每消耗 1 μmol 底物为 1 个酶活力单位(U); 淀粉酶活力在 37 °C 时每毫克组织蛋白

与底物作用 30 min, 水解 10 mg 淀粉定义为 1 个淀粉酶活力单位(U)。参照翟少伟等^[13]的方法制备肠道组织切片, 采用显微镜观察肠道皱襞和肌层, 并运用 Image pro plus 6.0 进行分析。参照文献^[14], 采用酸水解法处理肌肉, 并由日立 L-8900 型全自动氨基酸分析仪检测肌肉氨基酸组成。提取肠道内容物的细菌 DNA, 送北京百迈客生物科技有限公司测序, 分析肠道微生物菌群。

1.5 数据处理

试验数据运用 SPSS 25.0 进行单因素方差分析, 并选用最小显著极差法(LSD)进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 藤茶粉对杂交鲟生长性能的影响

从表 2 可知, 各组杂交鲟的成活率均达到 100.00%, A3 的终质量、增质量率和特定生长率均显著($P<0.05$)低于其他组的, 其他各组间的差异则无统计学意义。

表 2 供试杂交鲟的生长指标

Table 2 Growth index of tested hybrid sturgeon					
组别	初质量/g	终质量/g	增重率/%	特定生长率/(% d ⁻¹)	成活率/%
A0	33.31±1.25	(83.80±4.31)a	(151.61±8.54)a	(1.54±0.06)a	100.00±0.00
A1	33.39±0.42	(78.16±4.86)a	(134.01±12.23)a	(1.42±0.09)a	100.00±0.00
A2	32.87±1.44	(73.90±6.26)a	(131.69±13.54)a	(1.40±0.10)a	100.00±0.00
A3	32.69±1.87	(60.97±8.63)b	(86.73±25.72)b	(1.03±0.24)b	100.00±0.00

同列不同字母示组间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.2 藤茶粉对杂交鲟血清生化及免疫指标的影响

从表 3 可知, 与 A0 相比, A1 杂交鲟血清的总胆固醇、甘油三酯、白蛋白的含量及谷草转氨酶活性均显著($P<0.05$)升高; A2 和 A3 的谷草转氨酶活

性均显著降低($P<0.05$), 白蛋白含量均显著($P<0.05$)升高, 总胆固醇和甘油三酯的含量均无显著性变化; 各组间的葡萄糖含量和谷丙转氨酶活性均无显著变化。

表 3 供试杂交鲟的血清生化指标

Table 3 Serum biochemical indexes of tested hybrid sturgeon						
组别	谷草转氨酶活性/(U L ⁻¹)	谷丙转氨酶活性/(U L ⁻¹)	白蛋白含量/(g L ⁻¹)	葡萄糖含量/(mmol L ⁻¹)	总胆固醇含量/(mmol L ⁻¹)	甘油三酯含量/(mmol L ⁻¹)
A0	(10.48±1.05)b	11.59±0.35	(3.05±0.75)c	2.14±0.06	(1.89±0.21)b	(0.66±0.11)b
A1	(20.28±3.55)a	12.41±0.62	(9.16±0.23)b	2.41±0.41	(2.97±0.09)a	(1.07±0.06)a
A2	(6.74±0.54)c	12.03±0.52	(12.95±1.59)a	2.34±0.05	(1.93±0.37)b	(0.72±0.11)b
A3	(6.78±1.13)c	13.36±2.09	(8.06±0.06)b	2.40±0.46	(2.10±0.27)b	(0.67±0.10)b

同列不同字母示组间差异有统计学意义($P<0.05$)。

从表 4 可知,与 A0 相比,A3 杂交鲟血清的酸性磷酸酶活性显著($P<0.05$)增加,A1 的酸性磷酸酶活性显著($P<0.05$)降低,A2 的酸性磷酸酶活性则无显著变化;添加藤茶粉的各试验组的碱性磷酸酶、过氧化氢酶、谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力均显著($P<0.05$)增加;各组间的溶菌酶活性均无显著变化。

表 4 供试杂交鲟的血清免疫指标

Table 4 Serum immune indexes of tested hybrid sturgeon							
组别	酸性磷酸酶活性/ (金氏 (100 mL) ⁻¹)	碱性磷酸酶活性/ (金氏 (100 mL) ⁻¹)	过氧化氢酶活性/ (U mL ⁻¹)	谷胱甘肽过氧化物 酶活性/(U mL ⁻¹)	溶菌酶活性/ (μg·mL ⁻¹)	超氧化物歧化酶 活性/(U mL ⁻¹)	总抗氧化能力/ (mmol L ⁻¹)
A0	(51.63±2.86)b	(20.01±3.41)c	(5.10±0.90)d	(815.09±43.02)b	11.24±0.59	(230.82±17.61)c	(4.36±0.13)d
A1	(35.69±3.10)c	(30.37±2.21)b	(39.37±3.09)c	(1090.04±25.00)a	12.45±3.06	(474.92±31.00)a	(7.72±0.15)b
A2	(62.16±8.36)ab	(36.75±2.39)a	(59.63±6.64)b	(1127.99±4.07)a	14.23±1.05	(478.38±27.07)a	(7.03±0.23)c
A3	(66.64±7.59)a	(32.70±3.07)ab	(65.80±7.20)a	(1096.10±15.78)a	11.77±3.72	(337.58±29.07)b	(8.95±0.13)a

同列不同字母示组间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 藤茶粉对杂交鲟肠道消化酶和形态的影响

从表 5 可知,A2 杂交鲟的肠道蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶活性均显著($P<0.05$)高于其他组的;A1 和 A3 的肠道蛋白酶、淀粉酶活性均显著($P<0.05$)高于 A0 的;A1 的脂肪酶活性则显著($P<0.05$)低于

A0 的。A1 和 A2 的肠道皱襞高度均显著($P<0.05$)高于 A0 的,但肠道皱襞高度随藤茶添加量的增加而降低;各组间肠道肌层厚度的差异则无统计学意义($P>0.05$)。

表 5 供试杂交鲟的肠道形态及其消化酶活性

Table 5 Intestinal morphology and intestinal digestive enzymes activities of tested hybrid sturgeon					
组别	蛋白酶活性/(U mg ⁻¹)	淀粉酶活性/(U g ⁻¹)	脂肪酶活性/(U mg ⁻¹)	皱襞高度/μm	肌层厚度/μm
A0	(95.17±8.89)d	(3.51±0.53)d	(154.90±14.01)b	(739.67±37.73)c	175.22±12.91
A1	(151.35±8.87)b	(7.23±0.31)c	(82.59±9.97)c	(1296.48±85.57)a	191.63±17.76
A2	(193.47±11.09)a	(18.07±1.67)a	(272.53±18.13)a	(899.10±34.01)b	180.47±13.75
A3	(123.87±13.37)c	(10.92±0.89)b	(178.25±9.50)b	(711.02±27.06)c	182.11±14.75

同列不同字母示组间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.4 藤茶粉对杂交鲟肌肉常规成分及氨基酸组成的影响

从表 6 可知,各组杂交鲟间背肌的水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量的差异均无统计学意义($P>0.05$)。从表 7 可知,各组杂交鲟肌肉中均检测到 17 种氨基酸,其中包括人体所需的 7 种必需氨基酸;A1 的必需氨基酸、鲜味氨基酸和总氨基酸含量均显著($P<0.05$)高于其他组的,而其他 3 组间的差异均无统计学意义($P>0.05$);A2 和 A3 的必需

氨基酸占总氨基酸的比值显著($P<0.05$)高于 A1 和 A0 的。

表 6 供试杂交鲟的肌肉常规成分含量

Table 6 Muscle routine composition contents of tested hybrid sturgeon					%
组别	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	
A0	76.28±0.82	16.77±0.87	4.34±0.16	1.25±0.02	
A1	75.89±0.31	17.16±0.96	4.28±0.23	1.25±0.02	
A2	76.25±0.51	17.40±0.25	4.03±0.31	1.20±0.06	
A3	76.28±0.67	16.86±0.39	4.13±0.12	1.21±0.04	

表 7 供试杂交鲟的肌肉氨基酸组成及含量

Table 7 Amino acid composition contents of muscle of tested hybrid sturgeon								mg/g
组别	天冬氨酸	苏氨酸	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	半胱氨酸	
A0	(22.70±2.03)b	10.79±0.35	(9.80±0.32)c	(34.04±1.58)b	(13.45±0.31)b	(14.01±0.42)b	(0.81±0.03)a	
A1	(26.33±0.41)a	12.06±1.06	(11.78±0.19)a	(37.66±1.27)a	(14.63±0.42)a	(16.56±0.29)a	(0.84±0.06)a	
A2	(23.81±0.36)b	10.94±0.43	(10.14±0.19)bc	(34.56±0.63)b	(11.10±0.18)d	(13.84±0.46)b	(0.84±0.05)a	
A3	(23.30±1.47)b	12.04±0.36	(10.44±0.2)b	(35.41±1.09)b	(12.43±0.25)c	(11.17±0.35)c	(0.72±0.04)b	

表 7(续)

组别	缬氨酸	甲硫氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸
A0	(10.29±0.22)b	(5.45±0.17)b	(10.38±0.16)b	16.86±1.22	(6.74±0.29)d	(9.35±0.21)b	20.22±1.69
A1	(12.02±0.26)a	(6.35±0.44)a	(11.98±0.11)a	19.28±1.06	(8.78±0.15)a	(12.42±0.41)a	23.49±2.24
A2	(10.09±0.69)b	(6.77±0.12)a	(10.47±0.25)b	18.41±1.36	(7.51±0.11)c	(9.72±0.27)b	22.58±0.68
A3	(10.08±0.25)b	(6.31±0.15)a	(10.67±0.20)b	18.82±0.14	(8.17±0.17)b	(8.62±0.11)c	22.55±2.10

组别	组氨酸	精氨酸	脯氨酸	总氨基酸	必需氨基酸	鲜味氨基酸	必需氨基酸占总氨基酸的比值/%
A0	(7.13±0.11)c	12.97±1.55	(6.67±0.27)a	(211.37±10.82)b	(83.34±3.90)b	(84.20±4.04)b	(39.43±0.24)b
A1	(9.32±0.16)a	15.62±0.74	(6.53±0.10)a	(245.68±7.04)a	(97.61±4.53)a	(95.19±1.97)a	(39.72±0.72)b
A2	(7.23±0.17)c	13.43±1.06	(1.25±0.14)c	(212.67±4.06)b	(88.97±2.81)b	(83.31±0.73)b	(41.83±0.54)a
A3	(7.59±0.24)b	13.64±0.23	(4.24±0.11)b	(216.20±4.29)b	(89.09±2.15)b	(82.31±2.14)b	(41.21±0.18)a

同列不同字母组间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.5 藤茶粉对杂交鲟肠道微生物多样性的影响

2.5.1 肠道样品测序数据统计结果

各组杂交鲟的肠道粪便样品总计获得 782 551 条序列, 其中 A0、A1、A2、A3 分别有 218 246、190 898、155 759、217 648、782 551 条; 共有 1223 个 OTUs, 各组有 703 个重叠 OTUs, 占总数的 57.48%(图 1)。

2.5.2 肠道菌群 α 多样性分析

从表 8 可知, A2 杂交鲟肠道菌群的香农指数和辛普森指数均显著($P<0.05$)高于 A0 和 A3 的; A2 的 Ace 指数显著($P<0.05$)高于其他组的; 各组 Chao1 指数间的差异均无统计学意义($P>0.05$); 各组的覆盖率均在 99%以上。

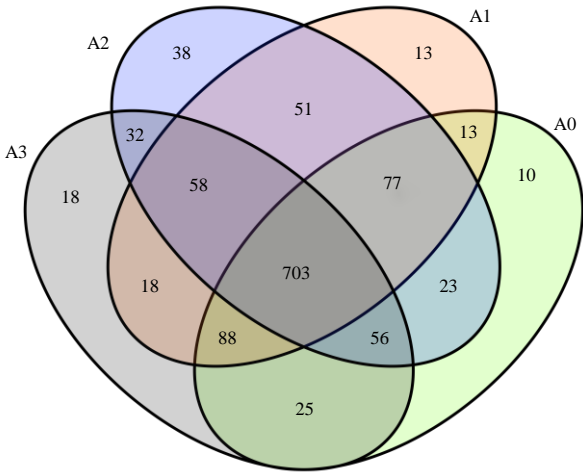


图 1 供试杂交鲟的肠道菌群 OTU 韦恩图
Fig.1 OTU Venn diagram of intestinal flora of tested hybrid sturgeon

表 8 供试杂交鲟肠道菌群的多样性指数

Table 8 The diversity index of intestinal flora of tested hybrid sturgeon					
组别	Ace 指数	Chao1 指数	香农指数	辛普森指数	覆盖率/%
A0	(772.74±28.40)b	824.00±55.85	(2.56±0.29)b	(0.47±0.09)b	99.82±0.01
A1	(841.01±140.17)b	836.36±59.62	(4.70±2.65)ab	(0.70±0.25)ab	99.83±0.04
A2	(1047.79±92.47)a	862.21±36.75	(7.37±0.83)a	(0.96±0.05)a	99.76±0.03
A3	(728.73±17.13)b	758.80±20.31	(3.37±1.05)b	(0.65±0.13)b	99.89±0.03

同列不同字母组间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.5.3 肠道菌群结构分析

从表 9 可知, A0 杂交鲟肠道菌群优势菌门为蓝细菌门(Cyanobacteria)、软壁菌门(Tenericutes)、变形菌门(Proteobacteria)和厚壁菌门(Firmicutes); A1 的优势菌门为蓝细菌门、变形菌门、厚壁菌门和拟杆菌门(Bacteroidetes); A2 的优势菌门为厚壁

菌门、变形菌门、拟杆菌门和衣原体门(Chlamydiae); A3 的优势菌门为蓝细菌门、变形菌门、衣原体和厚壁菌门。A2 的厚壁菌门占比最高, A2 的优势菌群与对照组有较大差异, 可能与 A2 的肠道消化酶活性高有关。

表 9 供试杂交鲟的肠道菌群结构

组别	相对丰度/%									
	蓝细菌门	变形菌门	厚壁菌门	拟杆菌门	软壁菌门	衣原体门	放线菌门	螺旋体门	酸杆菌门	绿弯菌门
A0	48.59	11.86	5.99	4.27	25.38	0.50	0.97	0.70	0.36	0.31
A1	51.38	18.38	15.01	6.14	0.10	0.32	3.09	0.93	1.61	0.77
A2	2.83	18.69	32.73	12.60	0.45	10.96	7.76	4.11	3.29	1.69
A3	58.38	15.90	7.40	6.66	0.05	7.43	1.54	1.19	0.36	0.30

3 结论与讨论

藤茶粉中主要活性成分黄酮和多酚的质量分数分别为 13.64%和 9.80%^[15]。藤茶粗提物含有二氢杨梅素和杨梅素等黄酮类化合物，其中以二氢杨梅素的含量最高^[16]。研究表明，二氢杨梅素对鲤鱼生长性能及形态指标有促进作用^[17]；在日粮中添加 2.00% 的复合藤茶提取物能提高育肥猪的平均日增重^[8]；添加藤茶提取物有提高小鼠生长性能的趋势，但无显著性差异^[9]。本研究中，0.50%和 1.00%藤茶粉对杂交鲟生长性能没有显著影响，该结果与藤茶提取物对小鼠生长性能影响的结果相似，而 2.00%藤茶粉可抑制杂交鲟生长性能，高浓度藤茶粉抑制杂交鲟生长可能与藤茶粉的某种化学成分浓度升高或杂交鲟的年龄有一定关系。后期将设置更多的低浓度梯度和不同年龄段的杂交鲟来检测藤茶粉的效果，继续探寻其促进生长性能的最佳浓度。

已有研究表明，藤茶黄酮及二氢杨梅素都能不同程度降低小鼠血清甘油三酯和胆固醇含量^[18]；藤茶提取物对猪血清中的甘油三酯和总胆固醇含量无影响^[19]。本研究中，0.50%藤茶粉组甘油三酯和总胆固醇含量显著高于对照组，而 1.00%和 2.00%藤茶粉组甘油三酯和总胆固醇含量与对照组的差异均无统计学意义。0.50%藤茶粉组引起甘油三酯和总胆固醇增多的原因可能与脂肪的糖异生途径有关系，组织中的甘油三酯和总胆固醇通过血液进入肝脏中，从而影响其生理生化反应。本研究中，0.50%藤茶粉组的谷草转氨酶活性显著高于对照组的，而 1.00%和 2.00%藤茶粉组的谷草转氨酶活性显著低于对照组的，且各组谷丙转氨酶活性间的差异无统计学意义，可见适量的藤茶粉对杂交鲟肝脏无损伤。

本研究中，0.50%藤茶粉组的酸性磷酸酶活性显著降低，而碱性磷酸酶活性显著升高；1.00%藤茶粉组的酸性磷酸酶活性无明显变化，而碱性磷酸

酶活性显著升高；2.00%藤茶粉组酸性磷酸酶和碱性磷酸酶活性均显著升高，这表明 1.00%和 2.00%藤茶粉均能增加杂交鲟血清碱性磷酸酶与酸性磷酸酶的活力，与藤茶总黄酮可提高仔猪血清中碱性磷酸酶活性的结果^[11]类似，可能是由于藤茶粉中含有总黄酮所致。本研究中，藤茶粉可显著增强杂交鲟血清中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽过氧化物酶的活性，表明藤茶粉可提高杂交鲟的免疫性能，这与二氢杨梅素提高鲤鱼血清中超氧化物歧化酶活性的结果^[17]类似，可能是由于藤茶粉中含有二氢杨梅素所致。

本研究中，藤茶粉可提高杂交鲟肌肉中的必需氨基酸的含量和必需氨基酸占总氨基酸的比值，且 1.00%和 2.00%藤茶粉组的必需氨基酸占总氨基酸的比值均符合 FAO/WHO 的蛋白质组成理想模式(必需氨基酸占总氨基酸的比值大于 40.00%)，这可能与藤茶提取物的氨基酸、蛋白质含量高(藤茶提取物中必需氨基酸总量可达 8.231%^[20-21])有关。

本研究中，1.00%藤茶粉组杂交鲟肠道的优势菌群与对照组有较大差异，1.00%藤茶粉组鲟鱼肠道厚壁菌门占比最高，且其肠道菌群的 Ace 指数、香农指数和辛普森指数等物种多样性指数显著升高。王咏梅等^[22]研究发现，饲料中添加桑叶黄酮能促进凡纳滨对虾肠道绒毛发育。本研究中，0.50%和 1.00%藤茶粉组的鲟鱼肠道皱襞高度显著升高，说明 0.50%和 1.00%藤茶粉可提高杂交鲟肠道吸收养分的能力。

综上可知，在本研究条件下，在饲料中添加 1.00%藤茶粉时，杂交鲟具有较好的血清生化指标和免疫指标及肠道形态，能有效提升杂交鲟的肠道消化酶活性和免疫力，显著增加其肠道菌群的多样性，饲料中藤茶粉的添加量以 1.00%为宜。

参考文献：

[1] 罗志成，刘哲，权金强，等. 抗菌肽添加量对杂交鲟

- 生化指标的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2020, 47(5): 1452-1458.
- [2] 徐祥, 李华, 叶仕根, 等. 杂交鲟嗜水气单胞菌病的组织病理学研究[J]. 大连海洋大学学报, 2014, 29(3): 227-231.
- [3] FRIERI M, KUMAR K, BOUTIN A. Antibiotic resistance[J]. Journal of Infection and Public Health, 2017, 10(4): 369-378.
- [4] 熊璞, 姚茂君, 肖凯军. 藤茶中二氢杨梅素的提取工艺研究[J]. 现代食品科技, 2009, 25(8): 907-910.
- [5] 何桂霞, 裴刚, 周天达, 等. 显齿蛇葡萄中总黄酮和二氢杨梅素的含量测定[J]. 中国中药杂志, 2000, 25(7): 423-425.
- [6] 郭航, 王永军, 谢鹏, 等. 日粮添加二氢杨梅素对肉仔鸡肠黏膜形态结构、碱性磷酸酶及生产性能的影响[J]. 中国饲料, 2008(6): 19-22.
- [7] 郭航, 谢鹏, 张敏红, 等. 短期灌服二氢杨梅素对受损肉仔鸡肠黏膜的修复及免疫机能的影响[J]. 中国兽医杂志, 2010, 46(4): 19-22.
- [8] 杨茂林, 李明祖, 刘若余. 生态复合藤茶饲料添加剂对江口萝卜猪育肥性能及抗病力的影响[J]. 贵州畜牧兽医, 2014, 38(5): 11-13.
- [9] 陈丽, 孙云子. 藤茶提取物对小鼠生长性能、腹泻率及抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2017, 44(4): 1027-1031.
- [10] MURAKAMI T, MIYAKOSHI M, ARAHO D, et al. Hepatoprotective activity of tocha, the stems and leaves of *Ampelopsis grossedentata*, and ampelopsin[J]. Biofactors, 2004, 21(1/2/3/4): 175-178.
- [11] 赵萌, 罗杰, 郁建生, 等. 藤茶总黄酮对仔猪生长性能的影响[J]. 饲料工业, 2015, 36(20): 14-17.
- [12] 熊云霞, 王丽, 易宏波, 等. 长期添加藤茶提取物对肥育猪血清游离氨基酸、胴体性状和肉品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(11): 3252-3261.
- [13] 翟少伟, 史庆超, 陈学豪. 饲料中添加抗菌肽 Surfactin 对吉富罗非鱼肠道健康的影响[J]. 水生生物学报, 2016, 40(4): 823-829.
- [14] 李多慧, 田甲申, 韩羽嘉, 等. 养殖和野生黄条鲮肌肉营养成分的比较与评价[J]. 水产学杂志, 2018, 31(4): 32-36.
- [15] 李翠朵, 张春枝. 藤茶粉制备条件优化及主要活性成分分析[J]. 大连工业大学学报, 2011, 30(5): 322-324.
- [16] 刘涛, 张晓敏, 郑红艳, 等. 藤茶提取物中二氢杨梅素的化学纯化方法研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2014, 44(1): 71-74.
- [17] 秦焱, 郁建平, 逯凤肖, 等. 二氢杨梅素对鲤鱼的生长性能、抗氧化血清指标及全鱼鱼体组成的影响[J]. 饲料工业, 2016, 37(4): 28-31.
- [18] 陈玉琼, 倪德江, 程倩, 等. 藤茶总黄酮及二氢杨梅素降血脂作用研究[J]. 茶叶科学, 2007, 27(3): 221-225.
- [19] 熊云霞, 王丽, 温晓鹿, 等. 日粮中添加藤茶提取物对猪生长性能、血液生化指标、抗氧化活性的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2019, 46(5): 1330-1339.
- [20] 杨天友, 李刚凤, 熊冬华, 等. 梵净山野生藤茶营养成分分析[J]. 食品工业, 2017, 38(4): 278-280.
- [21] 张友胜, 杨伟丽, 熊皓平. 显齿蛇葡萄基本成分研究[J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13(5): 46-48.
- [22] 王咏梅, 陈冰, 曹俊明, 等. 桑叶黄酮对凡纳滨对虾肠道黏膜形态和肠道菌群的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(4): 1817-1825.

责任编辑: 邹慧玲
英文编辑: 柳 正