

文章编号: 1000-0615(2008)03-0434-07

杜仲叶对草鱼生长、血清非特异性 免疫指标和肉质影响的初步研究

冷向军¹, 孟晓林^{1,2}, 李家乐¹, 李小勤¹, 华雪铭¹

(1. 上海水产大学省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 200090;

2. 山西农业大学动物科技学院, 山西 太谷 030801)

摘要:为考察杜仲叶对草鱼生长、血清非特异性免疫指标和肌肉品质的影响,在基础饲料(对照组)中分别添加 2%、4% 杜仲叶粉或 0.1%、0.15% 杜仲叶提取物,饲养平均体重(425.8 ± 37.6) g 的草鱼。经 60 d 饲养,各组草鱼增重率分别为 84.3%、92.2%、96.7%、88.2%、91.7%,饲料系数分别为 2.01、1.87、1.82、2.03、1.91;与对照组相比,添加 4% 杜仲叶粉显著提高了草鱼增重率,降低了饲料系数($P < 0.05$),添加 2% 杜仲叶粉、0.15% 杜仲叶提取物有提高草鱼增重率趋势($P < 0.10$)。对血清非特异性免疫指标的测定表明,饲料中添加 4% 杜仲叶粉、0.1%、0.15% 杜仲叶提取物,均可极显著提高 SOD 活性($P < 0.01$),各组溶菌酶和碱性磷酸酶活性无显著差异($P > 0.05$)。对肌肉成分的分析表明,各组间肌肉水分、灰分含量无显著差异($P > 0.05$),但添加 0.15% 杜仲叶提取物,可显著提高肌肉蛋白、谷氨酸、丝氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、脯氨酸、呈味氨基酸及总氨基酸含量($P < 0.05$);添加 4% 杜仲叶粉、0.1%、0.15% 杜仲叶提取物均可提高肌肉羟脯氨酸、胶原蛋白含量。对肌肉物理性能指标的分析表明,添加杜仲叶粉或叶提取物均可降低肌纤维直径($P < 0.05$),其中,添加 4% 杜仲叶粉、0.1%、0.15% 杜仲叶提取物还提高了肌原纤维耐折力($P < 0.05$),添加 2%、4% 杜仲叶粉、0.15% 杜仲叶提取物降低了肌肉失水率($P < 0.05$)。上述研究表明,饲料中添加杜仲叶(叶粉或叶提取物)可改善养殖草鱼生长性能、血清非特异性免疫功能和肌肉品质。

关键词:杜仲叶;草鱼;生长;非特异性免疫;肉质

中图分类号:S 965.12;S 963.73

文献标识码:A

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliver)属杜仲科、杜仲属,是中国特有树种,已具 2000 多年栽培历史。在传统中医学中,杜仲具补肝肾、强筋骨、益腰膝、除酸痛功能^[1]。长期以来,杜仲作为药用植物和硬橡胶资源植物而栽培应用。近年来,随着杜仲资源综合开发和功能的不断发掘,杜仲在动物养殖业和饲料工业中已开始得到初步应用,并因其多功能性、天然性和绿色环保性而受到重视。

目前,有关杜仲应用于动物养殖生产的报道

已见于肉鸡^[2-4]、蛋鸡^[5-6]、鲤^[7-8]、罗非鱼^[9]、草鱼幼鱼^[10],这些研究主要集中在动物生产性能的改善方面,较少涉及对机体相关生理生化指标,特别是对肌肉品质的影响研究。本次试验以我国重要的养殖鱼类—草鱼为研究对象,通过在饲料中添加杜仲叶及杜仲叶提取物,考察对草鱼生长、血清非特异性免疫指标和肌肉品质的影响,为杜仲资源的开发和在动物养殖业、饲料业中的应用提供理论依据。

收稿日期:2007-05-17

资助项目:上海市重点学科建设项目(Y1101);上海市科委基础重大专项(06DJ14003);上海市教委优秀青年教师后备人选基金(04151);上海水产大学校长基金(0321)

作者简介:冷向军(1972-),男,四川眉山人,博士,教授,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: xjleng@shfu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 实验设计与试验饲料

在基础饲料(对照组)中分别添加 2% 杜仲叶粉、4% 杜仲叶粉、0.1% 杜仲叶提取物、0.15% 杜仲叶提取物,共五个处理组,每组设三个平行。饲料配制时,所添加的杜仲叶及其提取物,以等量减少麦麸用量保持配方平衡。饲料以膨化机制成粒径 4 mm 浮性颗粒。基础饲料组成及成分分析见表 1。试验所用杜仲叶及杜仲叶提取物由湖南恒兴生物技术有限公司提供。

1.2 实验用鱼

实验用草鱼平均体重(425.8±37.6) g,体质健壮,规格整齐。

1.3 试验过程与饲养管理

养殖试验在上海水产大学南汇水产养殖场进行。在正式试验前,草鱼放入暂养池驯化一周以适应试验饲料及环境,其后移入 15 口试验池(2.0 m×1.5 m×1.0 m),共选取 225 尾草鱼,每池投放 15 尾。每天按体重 3% 分 2 次(8:30,16:30)投喂,并根据水温、摄食情况进行调整。饲养时间为 2005 年 7 月 29 日-9 月 28 日,为期 60 d。饲养期间水温 23~29℃,DO>5 mg·L⁻¹、NH₃-N<0.3 mg·L⁻¹。

1.4 测定指标与方法

草鱼生长性能 于养殖试验开始及结束时

称量鱼体重量,称量前鱼体饥饿 24 h。相对增重率(%)=(末重-初重)/初重×100;饲料系数=摄食量/鱼体增重量;成活率=试验初鱼尾数/试验末鱼尾数

血清免疫指标 每池取鱼 3 尾,尾静脉处采血,3000 r·min⁻¹离心 2 min,取血清冷冻备用。超氧化物歧化酶活力测定采用黄嘌呤氧化酶法;溶菌酶测定采用比浊法;碱性磷酸酶活力采用对硝基苯磷酸盐法(均由南京建成生物技术研究所提供测试盒)。

肌肉成分分析 饲养结束后,每池取鱼 3 尾,取背部肌肉-20℃冻存备测。水分测定采用 105℃烘干法;粗蛋白测定采用凯氏定氮法;粗脂肪测定采用乙醚浸提法;灰分测定采用 550℃灼烧法;羟脯氨酸测定参考曾勇庆^[11]、张志峰^[12]方法。氨基酸测定采用 Hetach L-8800 氨基酸自动分析仪。

肌肉物理特性 肌纤维直径测定参考谭丽勤等^[13];肌肉失水率和肌原纤维耐折力测定参考任泽林等^[14](肌原纤维在外力作用下被折断,其长度越大,则耐折断力越强)。

1.5 数据分析与处理

试验所得数据采用 SPSS11.5 统计软件进行单因素方差分析,差异显著者进行 LSD 多重比较。*P*<0.05 为差异显著。

表 1 饲料配方组成与主要营养成分含量

Tab.1 Diet composition and nutrients content		%	
成分 ingredient	比例 percentage	成分 ingredient	比例 percentage
鱼粉 fish meal	2.20	矿物质预混料 mineral mixture	0.25
豆粕 soybean meal	20.00	维生素预混料 vitamin mixture	0.25
菜籽粕 rape seed meal	20.00	氯化胆碱 choline	0.50
棉籽粕 cotton seed meal	8.00	豆油 soybean oil	0.50
次粉 wheat middle	24.00	鱼油 fish oil	0.50
麦麸 wheat bram	22.00	CaH ₂ PO ₄	1.80
总计 total	100.00		
营养成分 nutrients content			
粗蛋白 crude protein	28.6	水分 moisture	9.6
赖氨酸 lysine	1.34	粗脂肪 crude lipid	3.2
蛋氨酸 methionine	0.42		

注:维生素预混料和矿物质预混料在每千克饲料添加量为(mg·kg⁻¹饲料):V_A 6000 IU·kg⁻¹, V_D 2000 IU·kg⁻¹, V_E 50, V_E 5, V_{B1} 15, V_{B2} 15, V_{B3} 25, V_{B5} 30, V_{B6} 10, V_{B7} 0.2, V_{B11} 3, V_{B12} 0.03, inositol 100, V_C 100; Zn 80, Fe 150, Cu 4, Mn 20, I 0.4, Co 0.1, Se 0.1, Mg 100

2 结果

2.1 杜仲叶对草鱼生长性能的影响

从表 2 可见,与对照组相比,添加 4% 杜仲叶粉提高了草鱼增重率 14.7% ($P < 0.05$),显著降

低了饲料系数 ($P < 0.05$);添加 2% 杜仲叶粉、0.15% 杜仲叶提取物有提高草鱼增重率趋势 ($P < 0.10$),并降低了饲料系数,但无显著影响 ($P > 0.05$)(表 2)。

表 2 杜仲叶对草鱼生长性能的影响

Tab.2 Effects of Du-zhong leaf on the growth performances of grass carp

组别 groups	对照组 control	2% 叶粉 2% LP	4% 叶粉 4% LP	0.1% 叶提取物 0.1% LE	0.15% 叶提取物 0.15% LE
初重(g) initial weight	426.5 ± 24.0	422.7 ± 25.1	428.7 ± 19.4	428.3 ± 18.1	422.7 ± 27.4
末重(g) final weight	786.7 ± 45.1	812.6 ± 66.2	843.4 ± 41.8	805.9 ± 39.9	810.8 ± 57.8
增重率(%) growth rate	84.3 ± 4.5 ^a	92.2 ± 5.6 ^{ab}	96.7 ± 3.7 ^b	88.2 ± 5.1 ^a	91.7 ± 5.8 ^{ab}
饲料系数 FCR	2.01 ± 0.10 ^a	1.87 ± 0.11 ^{ab}	1.82 ± 0.07 ^b	2.03 ± 0.11 ^a	1.91 ± 0.06 ^{ab}
成活率(%) survival rate	100	100	100	100	100

注:同一行中平均数具不同上标字母者表示差异显著 ($P < 0.05$),LP、LE 分别为叶粉和叶提取物的简写,以下各表同

Notes: Means with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$),LP, LE are abbreviations of leaf powder and leaf extract, the same as follows

2.2 杜仲叶对草鱼血清 SOD、溶菌酶、碱性磷酸酶活力的影响

对血清非特异性免疫指标的测定表明(表 3),饲料中添加 4% 杜仲叶粉,0.1%、0.15% 杜仲叶提取物,均可显著提高 SOD 活性 ($P < 0.05$),2% 杜仲叶粉有提高 SOD 活性的趋势 ($P < 0.10$);各组溶菌酶和碱性磷酸酶活性无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.3 杜仲叶对草鱼肌肉生化组成的影响

对肌肉成分的测定表明(表 4),各组草鱼在肌肉水分、灰分含量间无显著差异 ($P > 0.05$);添加 0.15% 杜仲叶提取物显著提高了肌肉粗蛋白含量 ($P < 0.05$),4% 杜仲叶粉有增加肌肉粗蛋白含量的趋势 ($P < 0.1$),二者均显著降低了肌肉粗脂

肪含量 ($P < 0.05$)。

在氨基酸组成方面,添加 4% 杜仲叶粉可显著增加谷氨酸、丝氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、脯氨酸含量,风味氨基酸(包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)、氨基酸总量及必需氨基酸总量 ($P < 0.05$)。其余各组各氨基酸含量与对照组相比无显著差异 ($P > 0.05$)。

2.4 杜仲对草鱼肌肉组织学指标和羟脯氨酸含量的影响

从表 5 可见,添加 2%、4% 杜仲叶粉或 0.1%、0.15% 叶提取物均可显著降低肌纤维直径 ($P < 0.05$),在不同程度上增加肌原纤维长度(提高肌原纤维耐折力)、增加肌肉羟脯氨酸、胶原蛋白含量,降低肌肉失水率(表 5)。

表 3 杜仲叶对草鱼血清 SOD、溶菌酶、碱性磷酸酶活力影响

Tab.3 Effects of Du-zhong leaf on serum SOD,LSZ,AKP activities of grass carp

组别 groups	对照组 control	2% 叶粉 2% LP	4% 叶粉 4% LP	0.1% 叶提取物 0.1% LE	0.15% 叶提取物 0.15% LE
SOD(U·mL ⁻¹)	73.17 ± 4.78 ^a	85.75 ± 8.30 ^a	106.15 ± 8.41 ^b	131.82 ± 6.13 ^c	126.49 ± 14.08 ^{bc}
溶菌酶 (μg · mL ⁻¹) lysozyme	25.44 ± 2.80	25.23 ± 4.21	27.99 ± 5.17	24.46 ± 2.66	27.71 ± 6.69
碱性磷酸酶 (金氏/100 mL) Akp	10.80 ± 2.23	8.20 ± 1.02	8.09 ± 1.11	9.68 ± 2.22	9.32 ± 2.10

表 4 杜仲叶对草鱼肌肉常规营养成分和氨基酸组成的影响 (除有注明外,均为干物质基础)

Tab.4 Effect of Du-Zhong leaf on muscle nutrients and amino acids of grass carp

组别 groups	对照组 control	2% 叶粉 2% LP	4% 叶粉 4% LP	0.1% 叶提取物 0.1% LE	0.15% 叶提取物 0.15% LE
水分(%) moisture	77.92 ± 0.52	78.00 ± 0.46	78.25 ± 0.39	78.19 ± 0.75	79.24 ± 2.57
粗蛋白(%DM) crude protein	75.55 ± 1.02 ^a	75.67 ± 1.47 ^a	77.52 ± 1.23 ^{ab}	76.74 ± 1.31 ^{ab}	78.85 ± 1.36 ^b
粗脂肪(%DM) crude fat	4.39 ± 0.31 ^b	3.83 ± 0.28 ^{ab}	3.71 ± 0.23 ^a	4.20 ± 0.16 ^a	3.76 ± 0.30 ^a
灰分(%DM) ash	4.67 ± 0.55	4.27 ± 0.16	4.57 ± 0.25	4.74 ± 0.28	4.57 ± 0.24
肌肉氨基酸组成(g·100g ⁻¹ DM) amino acid					
天门冬氨酸 Asp	8.15 ± 0.59	7.99 ± 0.08	8.78 ± 0.17	7.92 ± 0.39	8.18 ± 0.68
谷氨酸 Glu	12.89 ± 0.59 ^a	13.09 ± 0.08 ^a	14.36 ± 0.31 ^b	12.97 ± 0.54 ^a	13.09 ± 0.69 ^a
甘氨酸 Gly	3.59 ± 0.25	3.61 ± 0.01	3.89 ± 0.24	3.74 ± 0.24	3.63 ± 0.11
丙氨酸 Ala	4.41 ± 0.21 ^a	4.33 ± 0.07 ^a	4.71 ± 0.13 ^b	4.32 ± 0.13 ^a	4.43 ± 0.13 ^a
苏氨酸 Thr	3.47 ± 0.27	3.44 ± 0.05	3.72 ± 0.09	3.39 ± 0.17	3.41 ± 0.19
丝氨酸 Ser	3.28 ± 0.24 ^a	3.21 ± 0.03 ^a	3.54 ± 0.07 ^b	3.19 ± 0.13 ^a	3.19 ± 0.18 ^a
胱氨酸 Cys	0.65 ± 0.08	0.67 ± 0.04	0.64 ± 0.04	0.66 ± 0.09	0.75 ± 0.14
缬氨酸 Val	4.14 ± 0.29	4.10 ± 0.04	4.41 ± 0.09	4.06 ± 0.21	4.08 ± 0.14
甲硫氨酸 Met	2.46 ± 0.21	2.45 ± 0.05	2.64 ± 0.05	2.41 ± 0.15	2.25 ± 0.46
异亮氨酸 Ile	3.43 ± 0.23	3.38 ± 0.05	3.64 ± 0.09	3.35 ± 0.19	3.40 ± 0.22
亮氨酸 Leu	6.85 ± 0.54	6.75 ± 0.07	7.33 ± 0.15	6.70 ± 0.41	6.76 ± 0.39
酪氨酸 Tyr	2.69 ± 0.23	2.66 ± 0.05	2.88 ± 0.06	2.64 ± 0.15	2.62 ± 0.22
苯丙氨酸 Phe	3.39 ± 0.24 ^a	3.31 ± 0.06 ^a	3.67 ± 0.09 ^b	3.31 ± 0.19 ^a	3.34 ± 0.19 ^a
赖氨酸 Lys	7.11 ± 0.43 ^{ab}	7.04 ± 0.06 ^{ab}	7.60 ± 0.11 ^a	6.87 ± 0.32 ^b	7.09 ± 0.46 ^{ab}
组氨酸 His	2.39 ± 0.11 ^a	2.29 ± 0.08 ^a	2.57 ± 0.06 ^b	2.29 ± 0.03 ^a	2.36 ± 0.14 ^a
精氨酸 Arg	5.06 ± 0.42	5.05 ± 0.04	5.46 ± 0.16	5.01 ± 0.31	5.00 ± 0.24
脯氨酸 Pro	2.67 ± 0.15 ^a	2.68 ± 0.03 ^a	2.89 ± 0.14 ^b	2.75 ± 0.21 ^{ab}	2.68 ± 0.02 ^a
呈味氨基酸 FAA	29.04 ± 1.29 ^a	29.02 ± 0.55 ^a	31.74 ± 0.81 ^b	28.95 ± 1.16 ^a	29.33 ± 1.48 ^a
必需氨基酸 EAA	38.29 ± 1.82 ^b	37.81 ± 0.23 ^b	41.07 ± 0.73 ^a	37.37 ± 1.90 ^b	37.69 ± 2.11 ^b
总氨基酸 TAA	77.04 ± 3.77 ^a	76.06 ± 0.46 ^a	82.76 ± 1.60 ^b	75.58 ± 3.81 ^a	76.06 ± 3.23 ^a

注:肌肉常规成分为 9 个样本的平均值,氨基酸为 3 个样本的平均值
Notes: Values are means of nine replications for proximate composition of muscle, and three replications for amino acid content

表 5 杜仲叶对草鱼肌肉组织学指标和羟脯氨酸含量的影响

Tab.5 Effect of Du-Zhong leaf on muscle physical parameters and hydroxyproline of grass carp

组别 groups	对照组 control	2% 叶粉 2% LP	4% 叶粉 4% LP	0.1% 叶提取物 0.1% LE	0.15% 叶提取物 0.15% LE
失水率(%) water loss rate	18.17 ± 0.45 ^a	15.60 ± 1.19 ^b	15.97 ± 1.24 ^b	17.40 ± 1.21 ^{ab}	14.70 ± 1.06 ^b
肌原纤维长度(μm) myofibrillae lengths	227.4 ± 19.8 ^a	266.3 ± 18.6 ^{ab}	287.1 ± 23.0 ^b	299.5 ± 23.1 ^b	374.6 ± 30.8 ^c
肌纤维直径(μm) muscle fibre diameter	266.4 ± 10.5 ^a	235.4 ± 7.2 ^b	206.5 ± 12.9 ^c	245.0 ± 7.6 ^b	205.5 ± 9.3 ^c
羟脯氨酸(mg·g ⁻¹) hydroxyproline	0.94 ± 0.11 ^a	1.14 ± 0.10 ^{ab}	1.40 ± 0.10 ^c	1.18 ± 0.10 ^b	1.72 ± 0.15 ^d
胶原蛋白(mg·g ⁻¹) collagen content	8.56 ± 1.03 ^a	10.35 ± 0.92 ^{ab}	12.68 ± 0.90 ^c	10.73 ± 0.87 ^b	13.67 ± 1.35 ^c

3 讨论

3.1 杜仲对养殖鱼类生长的影响

目前,有关杜仲对鱼类生长影响的报道已见于鲤^[8,15]、罗非鱼^[9]、草鱼幼鱼^[10]。在饲料中添加 4%、6% 杜仲叶粉,可使鲤增重率由 102.5% 提高为 119.0%、124.0%^[14];添加 5% 杜仲叶粉可降低网箱养殖鲤饲料系数 0.38,提高产量 9.2%^[8];而添加 0.15% 杜仲叶提取物,可分别使罗非鱼、草鱼幼鱼^[10]增重率提高 29.7%、8.57%。本试验添加 4% 杜仲叶粉提高了草鱼增重率 14.7% ($P < 0.05$),降低了饲料系数 ($P < 0.05$),添加 2% 杜仲叶粉、0.15% 杜仲叶提取物也有提高增重率趋势,与上述报道一致。本试验中,草鱼的增重率在 84.3% ~ 96.7% 之间,没有达到生长试验通常所要求的 300% 以上的增重率,这主要是因为通常的生长试验采用幼鱼为试验对象,体重一般为数克到数十克不等,幼鱼的生长强度大,故而能够达到增重率 300% 以上的要求。本实验室在相同条件下同期进行的草鱼幼鱼养殖试验中已经证实了这一点。在该试验中,初体重为 37 g 的草鱼经 60 d 养殖后,增重率为 315.0%^[10]。而在本试验中,所用鱼体较大,平均体重为 425.8 g,即便是在池塘养殖条件下也难以达到 300% 以上的增重率;而且本试验中养殖草鱼的饲料系数为 1.82 ~ 2.03,与生产实践也基本一致,表明本试验中鱼体的生长基本处于正常状态。

同时,本试验还观察到 4% 杜仲叶粉或 0.15% 杜仲叶提取物组草鱼抢食迅速,食欲旺盛,这种现象在罗庆华等^[15]的报道中也有类似描述,可见,适宜添加量的杜仲叶粉或杜仲叶提取物具有一定的诱食效果。由于本试验重在考察饲料“质”对生长和饲料利用的影响,各组采食量一致,若采用饱食投喂,添加杜仲叶粉或叶提取物组的草鱼可能会有更高增重率和饲料效率。

3.2 杜仲对免疫功能的影响

研究表明,杜仲可提高动物机体免疫功能。以杜仲叶提取物灌喂或腹腔注射小鼠,可提高其非特异性免疫、体液免疫和细胞免疫功能^[16],增强脾细胞对 ConA(刀豆蛋白 A)的增殖反应和腹腔巨噬细胞吞噬功能^[17]。在鱼类,以 4% 杜仲叶粉添加于饲料投喂鲤,提高了白细胞吞噬率和嗜水气单孢菌攻毒后的鲤存活率^[7];添加 0.1%, 0.15% 杜仲叶提取物可提高罗非鱼血清球蛋白含

量,降低血清 GPT 和 AKP 活性^[9]。本次试验中,添加杜仲叶粉或杜仲叶提取物,均可在不同程度上提高 SOD 活性,改善机体非特异免疫功能。杜仲中含有多种活性成分,包括木脂素类、环烯醚萜类、苯丙素类化合物、黄酮类等,具有抗菌、抗病毒、抗癌变、清除自由基,激活免疫系统等多种功效,杜仲对机体免疫功能的影响,应是多种成分共同作用的结果。

3.3 杜仲对肌肉成分和肌肉品质的影响

目前,有关杜仲对养殖鱼类肌肉成分影响的研究甚少,仅见于鳗^[18]、鲤^[14]。在饲料中添加 2.5% 杜仲叶粉,对鳗肌肉脂肪、蛋白质含量无影响^[18];但在鲤鱼饲料中添加 4%、6% 杜仲叶粉则增加了肌肉蛋白质含量,降低了脂肪含量^[14]。本次试验中,添加 0.15% 杜仲叶提取物或 4% 杜仲叶粉显著降低了肌肉脂肪含量,可在不同程度上提高肌肉蛋白质含量,与在鲤^[14]的报道一致,而与在鳗^[18]的研究不同,其原因与鱼品种、大小及杜仲叶粉或叶提取物的用量有关。在肌肉氨基酸组成方面,罗庆华等^[15]在饲料中添加 2% ~ 6% 杜仲叶粉,使鲤肌肉中鲜味氨基酸、必需氨基酸及氨基酸总量出现不同程度提高;本次试验中,添加 4% 杜仲叶粉增加了风味氨基酸、氨基酸总量及必需氨基酸总量,改善了肌肉风味和营养价值。

目前对于鱼类肌肉品质的评价尚无完善体系,但肌肉失水率、耐折力、肌纤维直径可在一定程度上反映肌肉品质。失水率度量的肌肉系水力,影响肉色、嫩度和加工贮藏性能;耐折力(外力作用后的肌原纤维长度)可在一定程度上反映肌肉韧性和强度;肌纤维直径则与口感细嫩有关。添加 2.5% 杜仲叶粉饲喂鳗,改善了煮后鳗肌肉的柔软度和平滑度^[19];添加 4%、6% 杜仲叶粉饲喂鲤,可使鲤背、腹部肌纤维变细^[15]。本次试验中,杜仲提高了草鱼肌原纤维耐折力,降低肌肉失水率,使肌纤维变细,表明杜仲对肌肉品质具有改善作用。杜仲改善肌肉品质的作用可能与中医理论认为的“强筋健骨”有关,而胶原蛋白是筋、骨、肌肉的重要成份,对肌肉耐折断力、结构、强度和质地及运动等方面起着重要作用^[20]。任泽林等^[14]的研究和本次实验均表明:胶原蛋白含量越高,肌原纤维耐折断力越强,失水率越小;野生狼鲛较养殖个体具有更高胶原蛋白含量,较细肌纤维直径,从而对肉质产生显著影响^[21]。因此,调

控胶原蛋白是改善鱼类肌肉品质的重要途径。在这方面,杜仲具有特殊功效。在鼠、鳗的研究均表明杜仲叶或叶提取液可显著增加肌肉中羟脯氨酸、胶原蛋白含量,并使鼠胶原纤维和成纤维细胞数量增多^[22],鳗肌束膜和肌内膜变厚而有韧性^[18]。本次试验也表明了杜仲叶粉或叶提取物具有增加肌肉羟脯氨酸含量的效果。此外杜仲对于 UMR106 成骨样细胞增殖^[23],兔骨折愈合^[24]均有促进作用。杜仲的这种作用效果,正是传统医学中记载“强筋骨”的重要生化基础,其有效成分可能来源于其中的京尼平甙酸和桃叶珊瑚甙,二者可促进大鼠的胶原合成和表皮细胞增殖^[25],这尚有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 王俊丽. 杜仲研究[M]. 保定:河北大学出版社, 2001:333-343.
- [2] 王华朗,陈武文,田瑜. 肉用仔鸡日粮中添加杜仲叶提取物饲养效果的实验[J]. 广东饲料, 2003, 12(3):13-14.
- [3] 欧爱明,卢成英,李玉兰,王浓章. 杜仲叶粉对肉鸡生产性能及血液生化指标的影响[J]. 湖南环境生物职业技术学院学报, 2004, 10(1):33-35.
- [4] 欧爱明,薛立群,邓治邦. 杜仲叶粉对鸡肉用性能影响的研究[J]. 动物医学进展, 2004, 25(5):104-106.
- [5] 周岩,杨刚. 杜仲叶粉对蛋鸡血清生化指标和蛋黄胆固醇含量的影响[J]. 湖北畜牧兽医, 2005, 2:52-53.
- [6] 王俊丽,张俊秀. 杜仲对改善蛋鸡生长发育及生产性能的研究[J]. 饲料研究, 1997, (4):13-14.
- [7] 罗庆华. 杜仲叶粉对鲤鱼免疫力的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(1):51-53.
- [8] 胡映霞,牛爱华,童文辉. 饲料中添加杜仲叶粉对网箱养殖鲤鱼效果试验初报[J]. 中国农村小康科技, 2005, 12:49-51.
- [9] 姚红梅,肖克宇,钟蕾. 饲料中添加杜仲提取物养殖奥尼鱼的实验[J]. 淡水渔业, 2005, 35(2):35-37.
- [10] 孟晓林,冷向军,伦峰,等. 杜仲对草鱼鱼种生长和免疫指标的影响[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(4):329-333.
- [11] 曾勇庆,王慧. 猪肉中羟脯氨酸的分光光度法测定[J]. 山东农业大学学报, 2000, 31(1):79-81.
- [12] 张志峰,赵俊杰,王振林. 肉及肝脏组织中羟脯氨酸测定法的改进[J]. 营养学报, 1996, 18(3):361-363.
- [13] 谭丽勤,欧茶海. 60~90日龄腾冲雪鸡肌纤维特性研究[J]. 云南农业大学学报, 2000, 15(4):345-348.
- [14] 任泽林,李爱杰. 饲料组成对中国对虾肌肉组织中胶原蛋白、肌原纤维和失水率的影响[J]. 中国水产科学, 1998, 5(2):40-44.
- [15] 罗庆华,卢向阳,李文芳. 杜仲叶粉对鲤鱼肌肉品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2002, 28(3):224-226.
- [16] 翟文俊. 杜仲叶提取物制剂对动物体免疫功能影响的研究[J]. 陕西教育学院学报, 2006, 22(1):108-111.
- [17] 刘辉. 杜仲叶醇提取物对小鼠免疫功能的影响[J]. 皖南医学院学报, 1998, 17(3):238-240.
- [18] Tanimoto S Y, Ikuma K, Takahashi S. Improvement in raw meat texture of cultured eel by feeding of tochu leaf powder [J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 1993, 57(2):205-208.
- [19] Tanimoto S Y, Koike K, Takahashi S. Improvement in broiled meat texture of cultured eel by feeding of tochu leaf powder [J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 1993, 57(2):325-327.
- [20] Sato K, Yoshinska R, Sato M, et al. Collagen content in the muscle of fishes with their swimming movement and meat texture [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1986, 52:1595-1600.
- [21] Periago M J, Ayala M D, Lopez-Albors O, et al. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dacentrarchus labrax* L [J]. Aquaculture, 2005, 249(1-4):175-188.
- [22] 贾宁. 杜仲对促进小鼠胶原蛋白合成的研究[J]. 中国兽医科技, 2001, 31(11):25-26.
- [23] 王大为,高晓燕,李发美,等. 杜仲对成骨样细胞增殖的作用[J]. 中药药理与临床, 2000, 16(4):24-26.
- [24] 崔永峰,李刚,张永斌,等. 杜仲促进骨折愈合的实验研究及其临床应用[J]. 中国医学研究与临床, 2004, 2(21-22):1-3.
- [25] 赵晖. 杜仲叶药理作用研究—抗衰老作用[J]. 国外医学·中医中药分册, 2000, 22(3):151-153.

Effect of Du-zhong (*Eucommia ulmoides* Oliver) leaf on growth, serum non-specific immune index and meat quality of grass carp

LENG Xiang-jun¹, MENG Xiao-lin^{1,2}, LI Jia-le¹, LI Xiao-qin¹, HUA Xue-ming¹

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. College of Animal Science and Technology, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: To investigate the effect of adding Du-zhong *Eucommia ulmoides* Oliver leaf in diets on growing performance, non-specific immune function and meat quality of grass carp, fish with body weight of (425.8 ± 37.6) g were fed with basal diet without (control group) or with adding 2%, 4% leaf powder, 0.1%, 0.15% leaf extract. After 60 days feeding, the growth rate and FCR of the five groups were 84.3%, 92.2%, 96.7%, 88.2%, 91.7%, and 2.01, 1.87, 1.82, 2.03, 1.91 respectively. The growth rate and FCR were significantly improved by adding 4% leaf powder compared with control group ($P < 0.05$), and growth rate tended to be improved by adding 2% leaf powder or 0.15% leaf extract ($P < 0.10$). Serum SOD activities were significantly increased by adding 4% leaf powder, 0.1%, 0.15% leaf extract ($P < 0.01$), but lysozyme and AKP activities were not affected by all the tested groups ($P > 0.05$). In the respect of muscle chemical composition and quality, there were no differences in muscle moisture and ash contents, but muscle protein, Glu, Ser, Ala, Phe, His, Pro, flavor and total amino acids were obviously increased ($P < 0.05$) by 0.15% leaf extract, and hydroxyproline, collagen content of muscle were increased by adding 4% leaf powder or 0.1%, 0.15% leaf extract. When determining muscle physical parameters, muscle fibre diameter were decreased by leaf powders or leaf extracts addition ($P < 0.05$), myofiberbreak-resisting force were increased only by 4% leaf powder, 0.1% or 0.15% leaf extract addition, and water loss rate was also decreased by 2%, 4% leaf powder, or 0.15% leaf extract addition. Results have showed that growth performance, non-specific immunity ability and meat quality of grass carp could be improved by adding Du-zhong leaf powder or leaf extract in diets.

Key words: *Eucommia ulmoides* Oliver leaf; grass carp; growth; non-special immunity; meat quality