

饲料大豆蛋白对鲤鱼消化酶活力和血液 主要生化指标的影响

吴莉芳,秦贵信,刘春力,孙泽威,孙 玲,王洪鹤

(吉林农业大学 动物科技学院,吉林 长春 130118)

【摘 要】 【目的】探讨大豆蛋白对鲤鱼消化性能和健康状况的影响。【方法】以初始体质量(50.13 ± 0.41) g 的健康鲤鱼(*Cyprinus carpio*)为试验对象,在室内单循环控温养殖系统中,以去皮豆粕分别替代质量分数 0%(CK), 15%, 30%, 45% 和 60% 的鱼粉蛋白,配制成 5 种等蛋白(360 g/kg)等能(15.2 MJ/kg)的半精制饲料,研究大豆蛋白对鲤鱼消化酶活力和血液主要生化指标的影响。【结果】随着大豆蛋白替代鱼粉蛋白比例的增加,鲤鱼肝胰脏和肠道的蛋白酶活力下降,当大豆蛋白替代 45% 鱼粉蛋白时,鲤鱼后肠和肝胰脏的蛋白酶活力极显著低于对照组($P < 0.01$);大豆蛋白 60% 替代组鲤鱼后肠的淀粉酶活力极显著低于对照组($P < 0.01$);而大豆蛋白对鲤鱼肝胰脏和肠道的脂肪酶活力影响不显著($P > 0.05$)。当大豆蛋白替代 45% 鱼粉蛋白时,鲤鱼血糖和总胆固醇浓度及谷草转氨酶活性显著低于对照组($P < 0.05$),甘油三酯浓度显著高于对照组($P < 0.05$),而尿素氮浓度、谷丙转氨酶活性及总蛋白、球蛋白和白蛋白的含量与对照差异不显著($P > 0.05$)。【结论】在本试验条件下,当大豆蛋白替代 45% 鱼粉蛋白时,虽然对鲤鱼的生长状况没有显著影响,但对鲤鱼后肠和肝胰脏蛋白酶的活力及部分血液主要生化指标产生了影响。

【关键词】 鲤鱼;大豆蛋白;蛋白酶;淀粉酶;脂肪酶;血液生化指标

【中图分类号】 S965.116.31⁺2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)08-0063-07

Effects of dietary soybean protein on the activity of digestive enzyme and blood biochemical parameters of carp

WU Li-fang, QIN Gui-xin, LIU Chun-li, SUN Ze-wei, SUN Ling, WANG Hong-he

(College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: 【Objective】 The effects of soybean protein on the digestibility and health status of *Cyprinus carpio* were investigated in this study. 【Method】 The trial was carried out on healthy *Cyprinus carpio* with the initial weight (50.13 ± 0.41) g at controlled temperature in single recirculating system for 8 weeks. Fish meal was used as animal protein sources and dehulled soybean protein as plant protein sources. The *Cyprinus carpio* was fed diets that contained different soybean protein levels to replace fish meal (0%, 15%, 30%, 45% and 60%) as semi-refined feed with equal protein (360 g/kg) and energy (15.2 MJ/kg) to explore the effects of different dietary soybean protein levels on the activity of digestive enzymes and blood biochemical parameters. 【Result】 With the soybean protein proportion increasing, the activity of protease in the hepatopancreas and intestinal tract of *Cyprinus carpio* descended. When soybean protein had replaced fish meal by 45%, the activity of protease in the hindgut and hepatopancreas of *Cyprinus carpio* were significantly lower than that of control group ($P < 0.01$); When soybean protein had replaced fish meal by 60%, the activity of amylase in the hindgut of *Cyprinus carpio* was significantly lower than that of

* [收稿日期] 2008-11-17

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(30430520)

[作者简介] 吴莉芳(1970—),女,吉林农安人,副教授,博士,主要从事水产动物营养与饲料学研究。E-mail: wulifang2915@yahoo.com.cn

[通信作者] 秦贵信(1956—),男,吉林长春市人,教授,博士,博士生导师,主要从事动物营养与饲料学研究。

control groups ($P < 0.01$); but the soybean protein had no significant influence on lipase in hepatopancreas and intestinal tract of Carp ($P > 0.05$). When soybean protein had replaced fish meal by 45%, the contents of blood glucose, total cholesterol and the activity of Glutamic oxalacetic transaminase were significantly lower than those of control group ($P < 0.05$), and the concentration of triglyceride was significantly higher than that of control group ($P < 0.05$), and soybean protein had no effects on the concentration of Urinary nitrogen, the activity of Glutamic pyruvic transaminase, the contents of total protein, albumin and globulin ($P > 0.05$). 【Conclusion】 When soybean protein replaced fish meal by 45% in the 50—100 g compound feed which had 360 g/kg proteins, soybean protein had no effect on growth performance for *Cyprinus carpio*, but they could change the activity of protease in hindgut and hepatopancreas and the contents of major blood biochemical parameters for *Cyprinus carpio*.

Key words: *Cyprinus carpio*; soybean protein; protease; amylase; lipase; blood biochemical parameter

水产养殖的持续发展需要水产饲料研发作为支撑。随着集约化水产养殖业的发展,配合饲料应用稳定增长,对原料的需要量也逐渐增大,而蛋白质是饲料中主要的营养物质,因此,饲料蛋白源供应不足的问题日益突出^[1]。开发新型蛋白源,降低饲料成本,便成为亟待解决的问题。大豆蛋白源具有消化吸收率高、氨基酸组成好、营养全面、价格合理、资源丰富的特点,因此,大豆蛋白是水产饲料应用最多的植物蛋白源之一。以大豆蛋白替代鱼粉蛋白,是近十几年来水产界研究的热点。关于大豆蛋白源替代鱼粉蛋白已经在多种鱼类上进行了相关研究,研究内容主要集中在大豆蛋白源替代鱼粉蛋白后对鱼类生长^[2-4]、消化率^[5]、肠道组织^[6]等的影响方面。鱼类消化酶活力是反映鱼类消化机能的一项重要指标。正常的血液指标能反映鱼类的属性和正常生理状态,是重要的生理、病理、毒理学指标。鲤鱼(*Cyprinus carpio*)隶属于鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、鲤亚科(Cyprinidae)、鲤属(*Cyprinus*),是我国目前主要的淡水经济鱼类养殖品种之一。关于鲤鱼消化酶^[7-8]和血液指标^[9-10]方面的研究已有较多报道,但关于大豆蛋白对鲤鱼消化酶活力和血液主要生化指标的影响仅见零星报道。因此,本试验以鲤鱼幼鱼为试验对象,在其配合饲料中,利用大豆蛋白替代不同比例鱼粉蛋白,研究大豆蛋白对鲤鱼消化酶活力和血液主要生化指标的影响,旨在为鲤鱼人工配合饲料的优化及合理开发利用大豆蛋白源提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验饲料的配制

以鱼粉为动物蛋白源,去皮豆粕为植物蛋白源,鱼油、玉米油、糊精为能源,纤维素为填充物,配制 5

种等蛋白(360 g/kg)、等能(15.2 MJ/kg)的半精制饲料。其中,去皮豆粕替代鱼粉的质量分数分别为 0%, 15%, 30%, 45% 和 60%。原料经粉碎过 0.246 mm 筛,按配方(详见表 1)称质量后,混合均匀,挤压成直径 2.5 mm 的颗粒,晒干后置于 -4 ℃ 冰柜中保存备用。鲤鱼各配方饲料的营养水平(计算值)见表 2。

1.2 试验鱼及其饲养管理

试验鲤鱼鱼种来自吉林省农安县太平池水库渔场,试验前挑选体质健壮、规格整齐、鳍鳞完整的鲤鱼鱼种 700 尾,暂养于吉林农业大学动物室的室内控温单循环系统中。该系统由 56 个 230(型号)缸组成,每缸加水至至容积的 3/4,用循环泵进行水质过滤,暂养时投喂粗蛋白含量为 360.2 g/kg 的试验对照组饲料,饱食投喂,驯化 15 d。饲养试验从 2007-07-08 开始,2007-09-02 结束,为期 8 周。试验开始之前停止投喂 24 h,然后称鱼体质量(精确到 0.01 g),每个饲料组设置 3 个重复,每重复放养 30 尾鱼,放养前用 20 g/m³ 的高锰酸钾水溶液药浴 10 min,整个试验期保持水质稳定,水温控制在 (22±3) ℃,溶解氧(DO)维持在 5.0~8.0 mg/L, pH 值 7.0~8.0,氨氮含量小于 0.3 mg/L。日投饵率视鱼群摄食情况变动于 3%~6%,日投饵 2 次(9:00 和 16:00),投饵方法为人工手撒。

1.3 样品的收集与测定

1.3.1 样品的收集与处理 生长试验结束前停食 24 h 后,每缸随机取鱼 5 尾采血,用 5 mL 一次性无菌注射器从尾静脉取血样,将血液注入玻璃采血管中,待血液凝固分层后,用日本 HITACHI-21 离心机(2 000 r/min)离心 10 min,直至分层完全,用移液枪将上层澄清透明的血清转入 PT 离心管中密封,于 -80 ℃ 低温保存备用。

表 1 鲤鱼饲养试验的饲料配方

Table 1 Diet formulation of *Cyprinus carpio*

日粮组成 Diet composition	大豆蛋白替代鱼粉蛋白的质量分数/% The percent of fish meal protein replaced by soybean protein				
	0	15	30	45	60
鱼粉 Fish meal	558.5	471.0	384.0	296.0	224.0
去皮豆粕(Dehulled soyabean meal DSBM)	---	117.5	234.9	352.4	469.9
糊精 Dextrin	339.5	299.3	268.8	239.2	197.9
玉米油 Corn oil	10.0	12.1	14.4	16.7	17.1
鱼油 Fish oil	10.0	12.1	14.4	16.7	17.1
氯化胆碱 Choline chloride	5	5	5	5	5
维生素预混料 Vitamin premix	10	10	10	10	10
无机盐预混料 Mineral premix	20	20	20	20	20
纤维素 Cellulose microcrystalline	420	480	43.5	39.0	34.0
黏合剂 Binder	5	5	5	5	5

注:①维生素预混料向每 kg 饲料提供:叶酸 15 mg,泛酸钙 80 mg,肌醇 400 mg,生物素 1.0 mg,盐酸硫胺素 60 mg,盐酸吡哆醇 20 mg,核黄素 20 mg,V_A 2.0 mg, V_D1.6 mg, V_E100 mg, V_K 0.7 mg, V_C 500 mg, V_{B₁₂} 0.3 mg。②无机盐预混料向每 kg 饲料提供: MnSO₄ · H₂O 37.6 mg,MgSO₄ · 7H₂O 4.1 g,ZnSO₄ · 7H₂O 0.88 g,CuSO₄ · 5H₂O 8 mg,FeSO₄ · 7H₂O 0.8 g,AlCl₃ · 6H₂O 3 mg, CaCO₃ 0.75 g,NaH₂PO₄ · 2H₂O 6.78 g,CoCl₂ · 6H₂O 24.8 mg,Na₂Se₂O₃ 0.24 mg,KCl 1.9 g。

Notes:①Vitamin premix supplied the following per kilogram of diet: folic acid 15 mg, calcium pantothenate 80 mg, inositol 400 mg,biotin 1.0 mg, thiamin hydrochloric acid 60 mg, pyridoxine hydrochloric acid 20 mg, riboflavin 20 mg, retinal acetate 2.0 mg, chelecalficro 1.6 mg, vitamin E 100 mg, vitamin K 0.7 mg, ascorbic acid 500 mg,cynocobalamin 0.3 mg。②Mineral premix supplied the following per kilogram of diet: MnSO₄ · H₂O 37.6 mg, MgSO₄ · 7H₂O 4.1 g, ZnSO₄ · 7H₂O 0.88 g, CuSO₄ · 5H₂O 8 mg, FeSO₄ · 7H₂O 0.8 g, AlCl₃ · 6H₂O 3 mg, CaCO₃ 0.75 g, NaH₂PO₄ · 2H₂O 6.78 g, CoCl₂ · 6H₂O 24.8 mg, Na₂Se₂O₃ 0.24 mg, KCl 1.9 g。

表 2 鲤鱼各配方饲料的营养水平

Table 2 Nutrition level of different diet formulations of *Cyprinus carpio*

营养水平 Nutrition level	大豆蛋白替代鱼粉蛋白的质量分数/% The percent of fish meal protein replaced by soybean protein				
	0	15	30	45	60
粗蛋白/(g · kg ⁻¹)Crude protein	360.2	360.1	360.4	360.1	360.6
粗脂肪/(g · kg ⁻¹)Crude lipid	51.1	50.9	51.1	51.4	51.1
粗纤维/(g · kg ⁻¹)Crude fiber	44.8	44.7	44.7	44.7	44.8
灰分/(g · kg ⁻¹)Crude ash	63.7	53.6	43.8	33.7	48.0
总能(MJ · kg ⁻¹)Gross enery	152.6	156.0	159.0	151.0	150.0

生长试验结束前停食 24 h 后,每缸活体解剖 10 尾鱼,取出肝胰脏和其他内脏,称质量(精确到 0.01 g)。取出肠道、肝胰脏,剔除附着物,用去离子水冲洗肠道内容物,滤纸吸干,肠道从第一个回折点以前为前肠,最后一个回折点以后为后肠,其间为中肠。置于-20 ℃冰柜中保存待测。

1.3.2 粗酶液的制备 样品称质量,加入 10 倍体积的高纯水匀浆,在 4 ℃冰箱中静置过夜,3 000 r/min离心 10 min,取上清液为粗酶液,4 ℃冰箱保存待测,于 24 h 内测定完毕。

1.3.3 消化酶活力的测定 (1)蛋白酶活力。采用福林-酚试剂法(Folin-phenol)测定。1 个蛋白酶的比活力单位定义为:pH 7.0,底物酪蛋白质量浓度为 20 mg/mL,(37±1) ℃条件下保温 10 min,每 mg 酶蛋白每 min 产生 1 μg 酪氨酸的酶量。

(2)淀粉酶活力。采用碘-淀粉比色法测定。1 个淀粉酶的比活力单位定义为:pH 7.0,(37±1) ℃

条件下保温 30 min,每 mg 酶蛋白中的淀粉酶能完全水解 10 mg 淀粉时的酶量。

(3)脂肪酶活力。采用脂肪酶试剂盒测定。1 个脂肪酶的比活力单位定义为:pH 7.0,(37±1) ℃条件下保温 10 min,每 mg 酶蛋白水解脂肪产生 1 μg 脂肪酸的酶量。

1.3.4 血液主要生化指标的测定 血糖(Serum glucose,SG)、尿素氮(Urinary nitrogen,UN)、总胆固醇(Cholesterol,CHOL)、甘油三酯(Triglyeride,TG)、总蛋白(Total protein,TP)、白蛋白(Albumin,ALB)、球蛋白(Globin,GLB)含量,及谷草转氨酶(Glutamic oxalacetic transaminase,GOT)、谷丙转氨酶(Glutamic pyruvic transaminase,GPT)的活性,均采用 MD100 型半自动生化分析仪测定。

1.4 数据统计与分析

试验数据采用 SPSS(12.0)软件对所有指标进行方差分析,对差异显著者,再用 Duncan's 多重比

较分析组间的差异显著性程度。

2 结果与分析

2.1 大豆蛋白对鲤鱼消化酶活力的影响

本试验研究结果(表 3)表明,随着大豆蛋白替代鱼粉蛋白比例的增加,鲤鱼肝胰脏和肠道蛋白酶活力均降低;当大豆蛋白替代 45%鱼粉蛋白时,鲤鱼后肠和肝胰脏的蛋白酶活力极显著低于对照组($P<0.01$);当大豆蛋白替代 60%鱼粉蛋白时,鲤鱼

中肠的蛋白酶活力显著低于对照组($P<0.05$),前肠、后肠和肝胰脏的蛋白酶活力极显著低于对照组($P<0.01$)。表 4 表明,各大豆蛋白替代组鲤鱼肝胰脏、前肠、中肠的淀粉酶活力与对照组差异不显著($P>0.05$),但后肠 60%大豆蛋白替代组的淀粉酶活力极显著低于对照组($P<0.01$)。由表 5 可以看出,大豆蛋白对鲤鱼肝胰脏、前肠、中肠、后肠的脂肪酶活力影响均不显著($P>0.05$)。

表 3 饲料中大豆蛋白替代鱼粉蛋白对鲤鱼蛋白酶活力的影响

Table 3 Effects of replacement of fish meal by soybean protein on Protease specific activity in the muscle of *Cyprinus carpio*

大豆蛋白替代鱼粉 蛋白的质量分数/% Replacement of fish meal protein by soybean protein	蛋白酶活力/(U·mg ⁻¹) Protease specific activity			
	前肠 Fore intestine	中肠 Middle intestine	后肠 Hind intestine	肝胰脏 Hepatopancrea
0	34.44±1.12 Bb	21.41±1.21 b	16.72±1.45 Bc	67.30±1.81 Cc
15	36.04±2.00 Bb	21.14±1.46 b	18.71±0.81 Bc	74.04±1.25 Dd
30	33.90±2.27 Bb	19.73±1.01 b	16.52±0.64 Bc	64.04±1.23 BCbc
45	32.37±1.41 Bb	20.87±1.88 b	12.83±1.84 Ab	61.47±1.20 Bb
60	22.44±3.66 Aa	17.28±1.74 a	10.20±1.28 Aa	53.04±2.98 Aa

注:同列数据后标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$),标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:Data in the same column with a different superscript capital letter indicate difference at $P<0.01$,while different superscript letters are different at $P<0.05$. The same as follows.

表 4 饲料中大豆蛋白替代鱼粉蛋白对鲤鱼淀粉酶活力的影响

Table 4 Effects of replacement of fish meal by soybean protein on Amylase specific activity in the muscle of *Cyprinus carpio*

大豆蛋白替代鱼粉 蛋白的质量分数/% Replacement of fish meal protein by soybean protein	淀粉酶活力/(U·mg ⁻¹) Amylase specific activity			
	前肠 Fore intestine	中肠 Middle intestine	后肠 Hind intestine	肝胰脏 Hepatopancrea
0	0.32±0.01 ab	0.45±0.01 ab	0.50±0.01 BCa	0.45±0.01 a
15	0.32±0.01 ab	0.46±0.01 b	0.51±0.01 Ca	0.46±0.01 a
30	0.32±0.01 ab	0.45±0.01 ab	0.50±0.01 BCa	0.45±0.01 a
45	0.33±0.01 b	0.45±0.01 ab	0.48±0.01 Bb	0.45±0.01 a
60	0.31±0.01 a	0.44±0.02 a	0.43±0.02 Ab	0.45±0.01 a

表 5 饲料中大豆蛋白替代鱼粉蛋白对鲤鱼脂肪酶活力的影响

Table 5 Effects of replacement of fish meal by soybean protein on lipase specific activity in the muscle of *Cyprinus carpio*

大豆蛋白替代鱼粉 蛋白的质量分数/% Replacement of fish meal protein by soybean protein	脂肪酶活力/(U·mg ⁻¹) Lipase specific activity			
	前肠 Fore intestine	中肠 Middle intestine	后肠 Hind intestine	肝胰脏 Hepatopancrea
0	30.67±3.79	26.00±4.00	21.67±1.53	51.00±4.58
15	28.67±5.51	25.33±4.04	23.67±2.52	48.00±10.58
30	28.67±6.11	23.67±0.58	22.00±3.00	45.33±11.73
45	29.00±2.65	26.33±1.53	21.00±7.00	51.33±4.16
60	24.00±2.00	26.00±5.00	20.33±0.58	50.33±0.58

2.2 大豆蛋白对鲤鱼血液主要生化指标的影响

本试验研究结果(表 6)表明,大豆蛋白替代 30%,45%和 60%鱼粉蛋白组的鲤鱼血糖浓度显著低于对照组($P<0.05$);尿素氮浓度随大豆蛋白替代比例的升高呈上升趋势,但均低于对照组,其中 15%大豆蛋白替代组与对照组差异显著($P<0.05$);总胆固醇浓度随着大豆蛋白替代比例的升高

逐渐下降,其中 45%和 60%大豆蛋白替代组与对照组差异显著($P<0.05$);甘油三酯浓度以 30%,45%和 60%大豆蛋白替代组显著高于对照组($P<0.05$);各大豆蛋白替代组的谷草转氨酶活性显著低于对照组($P<0.05$);谷丙转氨酶活性在大豆蛋白替代组与对照组间差异不显著($P>0.05$);血液中总蛋白含量以 15%大豆蛋白替代组明显高于对照组

($P<0.05$),而其他各组与对照组差异不显著($P>0.05$);各大豆蛋白替代组白蛋白和球蛋白含量与对

表 6 饲料中大豆蛋白替代鱼粉蛋白对鲤鱼血液主要生化指标的影响

Table 6 Effects of replacement of fish meal by soybean protein on serum biochemical parameters in <i>Cyprinus carpio</i>						
大豆蛋白替代鱼粉蛋白的质量分数/% Replacement of fish meal protein by soybean protein	血糖/ (mmol · L ⁻¹) GLU	尿素氮/ (mmol · L ⁻¹) UN	胆固醇/ (mmol · L ⁻¹) CHOL	甘油三酯/ (mmol · L ⁻¹) TG	谷草转氨酶/ (IU · L ⁻¹) GOT	谷丙转氨酶/ (IU · L ⁻¹) GPT
0	12.50±0.66 b	2.33±0.33 b	9.86±0.01 c	1.60±0.05 a	208.00±8.66 b	69.33±0.58 ab
15	9.41±3.73 ab	1.45±0.06 a	9.39±1.43 bc	1.94±0.44 ab	143.67±16.56 a	67.33±11.85 ab
30	7.31±0.08 a	1.87±0.26 ab	8.15±1.25 bc	2.31±0.15 b	145.33±19.01 a	60.00±2.65 a
45	8.20±1.84 a	1.96±0.40 ab	7.97±0.56 b	2.20±0.06 b	163.33±10.69 a	65.33±6.03 ab
60	8.00±0.13 a	1.99±0.06 ab	5.38±0.48 a	2.21±0.05 b	150.67±3.51 a	77.33±1.53 b

大豆蛋白替代鱼粉蛋白的质量分数/% Replacement of fish meal protein by soybean protein	谷草转氨酶/ 谷丙转氨酶 GOT / GOT	总蛋白/ (g · L ⁻¹) TP	白蛋白/ (g · L ⁻¹) ALB	球蛋白/ (g · L ⁻¹) GLB	白蛋白/球蛋白 A/G
0	2.30±0.10 a	39.9±0.87 ab	16.00±1.04 ab	23.90±1.91 ab	0.67±0.10 a
15	2.15±0.17 ab	44.80±4.16 c	19.30±0.66 b	25.50±3.55 b	0.76±0.08 a
30	2.42±0.25 bc	41.77±3.46 bc	17.27±2.53 ab	24.50±1.37 ab	0.70±0.09 a
45	2.50±0.09 bc	39.00±0.75 ab	16.43±0.61 ab	22.56±1.37 ab	0.73±0.07 a
60	1.95±0.05 a	36.53±1.53 a	15.57±0.82 a	21.07±0.87 a	0.74±0.03 a

3 讨 论

3.1 大豆蛋白对鲤鱼消化酶活力的影响

鱼类的食性与其消化器官结构和消化机能相适应,并且与消化酶活力具有直接关系。消化器官不同,所承担的消化机能不同,因而消化酶的活力也不相同。同种鱼类不同消化器官敏感程度亦存在差异。通过本试验研究可知,当大豆蛋白替代 45%鱼粉蛋白时,虽然不影响鲤鱼生长及饲料利用率^[4],但却使鲤鱼后肠和肝胰脏的蛋白酶活力下降了;当大豆蛋白替代 60%鱼粉蛋白时,鲤鱼前肠、中肠、后肠、肝胰脏的蛋白酶活力均出现不同程度的下降;这说明大豆蛋白在鲤鱼幼鱼配合饲料中过量添加,会引起肠道和肝胰脏等器官的蛋白酶活力下降,这与前人对翘嘴红鲌的研究结果相似^[11]。大豆蛋白能够引起鱼类消化道内蛋白酶活力降低,主要是由于大豆蛋白中含有抗营养因子。去皮豆粕是大豆经清理、调质、破裂、去皮、压片后,在特定条件下用有机溶剂正己烷(Hexane)及其同类碳氢化合物脱脂,再经烘烤、粉碎后制成的粉状物。去皮浸油工艺对大豆抗营养因子中的热敏感因子(蛋白酶抑制因子、大豆凝集素等)具有较好的钝化效果。因此,去皮豆粕中引起鱼类消化道蛋白酶活力降低的主要因素可能是大豆抗原蛋白,大豆抗原蛋白能够损伤鱼类消化道结构。在大西洋鲑^[12]、虹鳟^[13]的饲料中添加一定量的大豆蛋白,会引起后肠结构发生形态变化,并降低刷状缘的酶活性。关于大豆抗原蛋白是否会引起鲤鱼肠道结构发生变化,需进一步通过组织学方法

进行研究。

鱼类的消化器官中存在有淀粉酶,而淀粉酶的活性因鱼的种类、消化器官不同而异。淀粉酶活力大小的变化程度与食物组成的变化也有一定相关性,这是鱼类本身对生态环境的一种适应。但总的来说,鱼类淀粉酶的活力较低。本试验研究结果表明,随着大豆蛋白替代鱼粉蛋白比例的增加,鲤鱼只有大豆蛋白替代 60%鱼粉蛋白组后肠淀粉酶活力(0.43 U/mg)极显著低于对照组(0.50 U/mg);这说明从淀粉酶活力变化来看,鲤鱼后肠对大豆蛋白比较敏感。大豆蛋白对其他各组肠道和肝胰脏淀粉酶活力的影响不显著,这主要是由于鱼类消化酶对食物类型和饲料组成具有明显的适应性^[14]。鲤鱼属于杂食性鱼类,在其天然食谱中存在一定量的植物蛋白源,大豆蛋白属于典型的植物蛋白源之一,因此,鲤鱼肠道和肝胰脏淀粉酶对大豆蛋白具有一定的适应性。关于大豆蛋白引起鱼类淀粉酶活力变化的机理,有待于进一步研究。

脂肪是维持鱼类正常生长、发育和繁殖的必需营养素,是鱼类重要的能量来源,脂肪在鱼类生命活动过程中发挥着重要作用。脂肪在脂肪酶的作用下,分解成甘油酯和自由脂肪酸的混合物而被鱼类吸收。脂肪酶是酶的一种,是能够切断酯键的酯酶,能够水解甘油酯、磷脂和蜡酯。在鱼类消化系统的很多部位都发现有脂肪酶存在,但胰脏是其主要分泌器官^[15]。本研究结果表明,鲤鱼肝胰脏脂肪酶活力高于肠道各部位,也证明了胰脏是鱼类脂肪酶的主要分泌器官。本研究表明,大豆蛋白替代不同比

例鱼粉蛋白对鲤鱼脂肪酶活力无显著影响。

3.2 大豆蛋白对鲤鱼血液主要生化指标的影响

鱼类的血液生化指标与机体的代谢、营养及健康状况有关。因此,鱼类血液生化指标通常用来表示鱼类营养物质代谢及器官病变的情况。本研究结果表明,在鲤鱼的配合饲料中,当大豆蛋白分别替代 30%、45%和 60%鱼粉蛋白时,鲤鱼血液中血糖浓度显著下降。通常情况下,鱼类血糖浓度由于受神经和内分泌系统的调节而处于一种动态平衡状态,但很容易发生变化。当血糖浓度较高时,鱼类表现为积极摄食,健康状况良好^[16]。本试验条件下,大豆蛋白替代组的鲤鱼血糖浓度均低于对照组。这可能是由于大豆蛋白的添加改变了鱼类的摄食状况引起的。

尿素氮是鱼体含氮物质的代谢产物,一般认为鱼类血清中尿素氮浓度降低,则意味着蛋白质分解速度降低,而合成速度加快。本研究结果表明,当大豆蛋白替代 15%鱼粉蛋白时,鲤鱼血液中尿素氮浓度显著低于对照组,其他各组与对照组差异不显著,说明 15%大豆蛋白替代组鲤鱼蛋白质合成速度加快。这与吴莉芳等^[4]曾报道的 15%大豆蛋白替代组蛋白质沉积率(PPV)(36.44 ± 2.02)显著高于对照组(31.47 ± 2.45)相吻合。

鱼类与其他脊椎动物一样,能够自身合成胆固醇,血液中的胆固醇 70%~80%来自肝脏,其余来自消化道,如果肝细胞功能障碍,则血液中胆固醇浓度迅速升高。本研究结果表明,大豆蛋白替代组鲤鱼总胆固醇浓度逐渐下降,其中 45%和 60%替代组与对照组差异显著,这与 Kaushik 等^[17]利用大豆浓缩蛋白(SPC)替代鱼粉蛋白的研究结果相似。这可能是由于大豆蛋白和动物蛋白中氨基酸组成不同所致,也可能是大豆蛋白增加胆汁酸排泄来调节的结果。关于大豆蛋白降低鱼类血液中胆固醇浓度的机理,还有待于进一步系统研究。脂肪在鱼类细胞内主要以甘油三酯形式存在,甘油三酯是鱼类代谢的主要物质。本试验结果表明,30%、45%和 60%大豆蛋白替代组鲤鱼血液中甘油三酯浓度显著高于对照组,说明大豆蛋白对鱼类血液中甘油三酯浓度有一定影响,其机理需进一步研究。

转氨酶在氨基酸代谢及蛋白质、脂肪与糖三者的相互转化过程中具有极其重要的作用,是催化氨基酸与酮酸之间氨基转移的一类酶,种类很多,其中以谷草转氨酶和谷丙转氨酶最为重要。谷丙转氨酶能催化谷氨酸与丙酮酸之间的转氨作用,以肝脏中

活性最强,肝细胞受到损伤时,谷丙转氨酶释放到血液内,血清中谷丙转氨酶活性明显增加,表明肝功能有障碍。谷草转氨酶能催化谷氨酸与草酰乙酸之间的转氨作用,以心脏中活性最大。本研究结果表明,大豆蛋白对鲤鱼血液中谷丙转氨酶活性影响不显著,谷草转氨酶活性则是大豆蛋白替代组显著低于对照组,这说明饲料中添加大豆蛋白对鱼类的肝脏和心脏功能没有造成不良影响。

鱼类血清蛋白成分及其含量变化与机体健康、营养和疾病等有密切关系。血清中总蛋白和白蛋白的降低主要是肝功能障碍引起的。本研究结果表明,大豆蛋白对鲤鱼血液中总蛋白、白蛋白和球蛋白的含量无显著影响,这与马利等^[18]在草鱼饲料中加入菜籽粕的研究结果相似。说明植物蛋白的添加对杂食性和草食性鱼类肝功能的影响不显著,这可能与鲤鱼和草鱼的天然饵料中本身就含有一定量的植物蛋白有关。

综合分析血液主要生化指标的变化可知,在本试验条件下,适量的大豆蛋白对鲤鱼的健康尚无显著影响。关于大豆蛋白对鲤鱼的肝胰脏、肠道是否造成病理变化,还有待于进一步通过组织学方法进行研究。

[参考文献]

- [1] Hardy R. Evaluating oilseed proteins for finfish diets [J]. Feed Int, 1996, 172: 22-26.
- [2] Chou R L, Her B Y, Su M S, et al. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum* [J]. Aquaculture, 2004, 229: 325-333.
- [3] Morris P C, Gallimore P, Handley J, et al. Full-fat soya for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in freshwater: Effects on performance, composition and flesh fatty acid profile in absence of hind-gut enteritis [J]. Aquaculture, 2005, 248: 147-161.
- [4] 吴莉芳, 秦贵信, 张东鸣, 等. 饲料大豆蛋白对鲤鱼生长及肌肉营养成分的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(10): 67-73, 80.
Wu L F, Qin G X, Zhang D M, et al. Effect of soybean protein level on the growth performance of carp and nutritional components in the muscle [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2008, 36(10): 67-73, 80. (in Chinese)
- [5] Glencross Brett D, Carter Chris G, Duijster Neil, et al. A comparison of the digestibility of a range of lupin and soybean protein products when fed to either Atlantic salmon (*Salmo salar*) or rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2004, 237: 333-346.
- [6] Buttler L G, Burrells A C, JGood J E, et al. The binding of soybean agglutinin (SBA) to the intestinal epithelium of Atlantic

salmon, *Salmo salar* and Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed high levels of soybean meal [J]. Veterinary Immunology and Immunopathology, 2001, 80: 237-244.

[7] 李广丽, 王义强. 草鱼、鲤鱼肠道、肝胰脏消化酶活性的初步研究 [J]. 湛江水产学院学报, 1994, 14(1): 34-40.

Li G L, Wang Y Q. Studies on digestive enzymes in the hepatopancreas and intestine of grass carp and common carp [J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 1994, 14(1): 34-40. (in Chinese)

[8] 倪寿文, 桂远明, 刘焕亮. 草鱼、鲤、鲢、尼罗罗非鱼肝胰脏和肠道蛋白酶活性的初步探讨 [J]. 动物学报, 1993, 39(2): 160-168.

Ni S W, Gui Y M, Liu H L. Investigation on the comparison of protease activities in grass carp, common carp, silver carp, big head carp and tilapia nilotica [J]. Acta Zoologica Sinica, 1993, 39(2): 160-168. (in Chinese)

[9] 常玉梅, 匡友谊, 曹鼎臣, 等. 低温胁迫对鲤鱼血液学和血液生化指标的影响 [J]. 水产学报, 2006, 30(5): 701-706.

Chang Y M, Kuang Y Y, Cao D C, et al. Effects of cooling temperature stress on hematology and serum chemistry values of *Cyprinus carpio* [J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(5): 701-706. (in Chinese)

[10] 吉红, 朱天和, 周继术. 日粮中鱼粉添加量对鲤鱼种生长、生物学性状及血清生化指标的影响 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2008, 36(7): 33-39.

Ji H, Zhu T H, Zhou J S. Effect of dietary fishmeal amount on growth performance, biological characteristics, and serum biochemical parameters in common carp *Cyprinus carpio* [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2008, 36(7): 33-39. (in Chinese)

[11] 钱曦, 王桂芹, 周洪琪, 等. 饲料蛋白水平及豆粕替代鱼粉比例对翘嘴红鲌消化酶活性的影响 [J]. 动物营养学报, 2007, 19(2): 182-187.

Qian X, Wang G Q, Zhou H Q, et al. Effect of dietary protein on the activities of digestive enzymes of topmouth culter (*Erythroculter iliishaeformis* Bleeker) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2007, 19(2): 182-187. (in Chinese)

[12] Ksudhik S J, Coves D, Dutto G. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus Labrax* [J]. Aquaculture, 2004, 230: 391-404.

[13] Burrells C P D, Williams P J, Southgate V O, et al. Immunological, Physiological and pathological response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to increasing dietary concentrations of soybean proteins [J]. Vet Immunol Immunopathol, 1999, 72: 277-288.

[14] Das K M, Tripathi S D. Studies on the digestive enzymes of grasscarp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) [J]. Aquaculture, 1991, 92: 21-32.

[15] 林浩然. 鱼类生理学 [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1998.

Lin H R. The physiology of fishes [M]. Guangzhou: Guangdong High-Education Press, 1998.

[16] Imsland A K, Foss A, Gunnarson S, et al. The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximum*) [J]. Aquaculture, 2001, 198: 353-367.

[17] Kaushik S J, Cravedi J P, Lalles J P, et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture, 1995, 133: 257-274.

[18] 马利, 黄蜂, 吴建开, 等. 不同菜粕水平对草鱼生长血清生化指标和毒素残留的影响 [J]. 水产学报, 2005(6): 798-803.

Ma L, Huang F, Wu J K, et al. Effects of different rapeseed meal levels on growth, serum biochemical indices and toxin-residues in *Ctenoparyngodon idellus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2005(6): 798-803. (in Chinese)