

## 不同大豆制品对鲤生长和蛋白质代谢的影响

王桂芹<sup>1\*</sup>, 李子平<sup>1</sup>, 闫先春<sup>2</sup>, 郭贵良<sup>2</sup>, 孙丽<sup>2</sup>,  
牛小天<sup>1</sup>, 卢洪梅<sup>1</sup>, 朱兴华<sup>3</sup>, 李清华<sup>3</sup>

(1. 吉林农业大学动物科技学院, 吉林 长春 130118;

2. 吉林省长春市水产研究院, 吉林 长春 130214;

3. 吉林省新立城水库管理局, 吉林 长春 130453)

**摘要:**选择健康的鲤鱼种[体重为(5.89±0.36)g]为试验鱼,以生大豆粉和不同处理的大豆制品分别替代鱼粉,大豆蛋白分别替代50%的鱼粉蛋白,配制5个等蛋白(可消化蛋白30%)、等能(可消化能15 MJ/kg)的半精制饲料,探讨大豆抗营养因子的不同和叠加对鲤生长和蛋白质代谢的影响。结果表明,热处理大豆组平均增重率与对照组差异不显著( $P>0.05$ ),生大豆组的平均增重率显著低于对照组( $P<0.05$ )。化学钝化组、热处理大豆组和酒精浸提组之间没有显著差异( $P>0.05$ ),但都显著高于生大豆组( $P<0.05$ )。对照组的鲤肠道和肝胰脏蛋白酶的活力显著高于生大豆组和酒精浸提组( $P<0.05$ ),但与化学钝化组和热处理大豆组差异不显著( $P>0.05$ )。鱼粉组白肌RNA的含量与热处理大豆组没有显著差异( $P>0.05$ ),但二者都显著高于生大豆组、化学钝化组和酒精浸提组( $P<0.05$ )。鱼粉组白肌RNA/DNA与热处理大豆组和化学钝化组没有显著差异( $P>0.05$ ),但三者都显著高于生大豆组和酒精浸提组( $P<0.05$ )。白肌RNA和血清IGF-I水平与生长正相关( $P<0.05$ )。在本试验条件下,表明热处理大豆组要好于其他各处理组,大豆抗营养因子对鱼类负面影响程度的顺序是抗胰蛋白酶抑制因子>凝集素>大豆抗原蛋白,适当的处理可降低抗营养因子的负面影响。

**关键词:**鲤; 抗胰蛋白酶抑制因子; 大豆凝集素; 大豆抗原蛋白

**中图分类号:**S 963.31<sup>+2</sup>

**文献标识码:**A

大豆因其具有高蛋白、高能量、低纤维的特点在饲料生产中被广泛应用,但大豆中也含有一些影响营养物质消化吸收和动物生理健康的抗营养因子,按照大豆抗营养因子对热敏感性的程度不同,可分为热敏性的胰蛋白酶抑制因子和凝集素等;热稳性的致过敏反应蛋白、植酸和大豆寡糖等<sup>[1]</sup>。鱼类对大豆抗营养因子的反应非常敏感,当鲤(*Cyprinus carpio*)饲喂含有一定水平抗营养因子的全脂大豆时,引起鱼类生长速度下降<sup>[2]</sup>。大豆中主要抗营养因子如胰蛋白酶抑制因子、凝集素及大豆抗原蛋白等的存在,能抑制鱼类的摄食、酶的活性、产生毒素、结合有益物质,影响鱼类对营养物质的消化吸收、代谢和生长,限制了其在

水产动物饲料中的广泛应用<sup>[1-5]</sup>。有关胰蛋白酶抑制因子、凝集素及大豆抗原蛋白的不同和叠加对鱼类的抗营养机理的比较研究还没有报道。本试验研究不同抗营养因子的叠加对鲤的生长和蛋白质代谢的影响,旨在了解主要抗营养因子对鲤生长和蛋白质代谢的影响程度,为大豆的加工处理和在水产养殖中广泛应用提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验饲料

以鱼粉为动物蛋白源,以生大豆和不同大豆制品为植物蛋白源,鱼油、大豆油及糊精为能源,纤维素为填充物来配制半精制日粮。用热处理大

收稿日期:2009-08-26 修回日期:2009-11-14

资助项目:吉林省科技攻关项目(200500046)

通讯作者:王桂芹, E-mail: wgqjla@ yahoo. com. cn

豆粉(蒸汽 105 °C、10 min)、化学钝化大豆粉(0.03 mol/L 亚硫酸钠 75 °C 处理 1 h)和热乙醇浸提大豆粉(80 °C 热乙醇处理 1 h)分别替代鱼粉蛋白。生大豆主要含有抗胰蛋白酶抑制因子、凝集素和大豆抗原蛋白;热处理大豆中则使胰蛋白酶抑制因子、凝集素这些对热不稳定的抗营养因子有效失活,大豆抗原蛋白等热稳定抗营养因子仍然存在;化学钝化大豆使胰蛋白酶抑制因子有效失活,但含有凝集素和大豆抗原蛋白等抗营养因子;酒精浸提大豆主要含有抗胰蛋白酶抑制因子和凝集素,主要去除的是大豆抗原蛋白<sup>[6-8]</sup>。各种大豆粉和鱼粉的概略养分、氨基酸组成及抗营养因子见表 1,其中抗胰蛋白酶抑制因子和大豆凝集素分别采用 Liu 等<sup>[9]</sup>的方法和植物凝集素效价法<sup>[10]</sup>测定。试验设计大豆蛋白分别替代 50% 的鱼粉蛋白的等氮(可消化蛋白为 30%)、等能(可消化能为 15 kJ/g)的各试验组和全鱼粉为蛋白源的对照组饲料(表 2)。饲料原料经粉碎过

60 目筛,按配方称重、均匀混合,挤压成直径为 1.5 mm 颗粒,晒干后置于 -4 °C 冰柜中保存、备用。

### 1.2 饲养管理

试验鱼来自吉林长春 2814 渔场,为同一批人工孵化的一龄鲤鱼种。试验前暂养于室内水族箱中,挑选健壮、规格均匀的幼鱼 1 500 尾。放室内水族箱中驯化,投喂可消化蛋白含量为 30% 的试验饲料作为驯化饲料,饱食投喂,驯化 15 d。饲养试验为期 8 周。试验开始之前,停止投喂 1 d,然后挑选体格健壮、规格均匀的称体重(精确至 0.01 g)和量体长,随机放养在室内水族箱中,每种饲料处理设置 3 个重复,每个重复 30 尾鱼,日投喂率为体重的 2.5% ~ 4.0%,视水温、摄食情况作适当调整。每天投喂两次(9:00, 17:00),投喂后收集残饵、称重,计算摄食量。试验期间水温为 23 ~ 30 °C, pH 为 7.1 ± 0.1,溶解氧大于 5 mg/L,氨氮小于 0.5 mg/L。

表 1 鱼粉和各种大豆粉的概略养分、氨基酸组成和抗营养因子

Tab.1 Proximate composition( % ), essential amino acid profile( % dry weight ) and antinutritional factors of fish meal and raw and various processed soybean meal

化学成分(%) proximate composition	鱼粉 fish meal	生大豆 raw soybean meal	化学钝化大豆 processed soybean by chemical inactivator	热处理大豆 processed soybean by heating	热乙醇浸提大豆 processed soybean by heat alcohol
干物质 dry matter	90.00	87.00	90.54	90.83	90.85
粗蛋白 crude protein	65.50	35.50	36.46	37.73	37.23
粗脂肪 crude lipid	6.10	17.30	17.73	17.38	17.08
粗灰分 ash	10.40	4.50	5.65	4.90	5.25
无氮浸出物 nitrogen free extrace	7.5	28.75	29.87	30.17	30.28
缬氨酸 valine	3.25	1.61	1.58	1.65	1.63
苏氨酸 threonine	2.87	1.38	1.38	1.40	1.40
精氨酸 arginine	3.91	1.97	1.98	2.02	2.08
蛋氨酸 methionine	1.71	0.63	0.62	0.62	0.63
异亮氨酸 isoleucine	2.68	1.42	1.41	1.44	1.45
亮氨酸 leucine	4.99	2.62	2.59	2.66	2.70
苯丙氨酸 phenylalanine	2.71	1.57	1.52	1.61	1.62
赖氨酸 lysine	5.22	1.77	1.78	1.80	1.84
组氨酸 histidine	1.75	0.72	0.73	0.76	0.76
抗胰蛋白酶抑制因子(mg/g) trypsin inhibitor	0.00	35.24	0.00	3.21	20.36
植物凝集素活性(U/g) activities of soybean lectin	0.00	102.00	72.00	0.00	58.00

表 2 鲤试验饲料配方及营养组成(干重)

Tab. 2 Formulation and proximate chemical composition of experimental diets(dry weight)

饲料名称 feeds	鱼粉组 fish meal	生大豆组 raw soybean meal	化学钝化组 processed soybean by chemical inactivator	热乙醇浸提组 processed soybean by heat alcohol	热处理大豆组 processed soybean by heating
<b>配方成分(%DM) ingredients</b>					
生大豆 raw soybean meal	-	42.89	-	-	-
化学钝化大豆 processed soybean by chemical inactivator	-	-	42.89	-	-
乙醇抽提大豆 processed soybean by heat Alcohol	-	-	-	42.89	-
加热处理大豆 processed soybean by heating	-	-	-	-	42.89
鱼粉 fish meal	48.03	24.42	24.42	24.42	24.42
鱼油 fish oil	3.58	0.17	0.17	0.17	0.17
玉米油 corn oil	3.58	0.17	0.17	0.17	0.17
氯化胆碱 choline chloride	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
维生素预混料 vitamin premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
无机盐预混料 mineral premix	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
磷酸二氢钙 mon-basic calcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
糊精 dextrin	33.89	23.35	23.35	23.35	23.35
纤维素 cellulose microcrystalline	4.92	3.00	3.00	3.00	3.00
粘合剂 binder	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
<b>营养组成(%) proximate composition</b>					
粗蛋白 crude protein	34.8	35.6	35.4	34.1	34.7
粗脂肪 crude lipid	8.7	9.2	9.4	8.5	8.6
粗灰分 crude ash	9.24	8.27	8.46	8.24	8.19
计算可消化蛋白 digestible protein(DP)	31.11	30.37	30.18	30.63	30.43
计算可消化能(kJ/g) digestible energy(DE)	15.40	15.46	15.46	15.46	15.46
计算可消化蛋白: 可消化能比(g/MJ) DP/DE	20.20	19.64	19.52	19.81	19.68

注:鱼粉蛋白的消化率为 89%,大豆的蛋白消化率为 83.15%,可消化能按蛋白质 16.8 kJ/g,脂肪 37.8 kJ/g,糖 16.8 kJ/g 来计算<sup>[11]</sup>。  
Notes: Dietary energy was calculated based on the energy of protein, lipid and carbohydrate(16.8,37.8,16.8 kJ/g)<sup>[11]</sup>.

### 1.3 样品收集与测定

**消化酶样品的收集和测定** 生长试验结束时,试验鱼饥饿 1 d 后,从每个饲料组中随机取 10 尾鱼,取出全部肠道和肝胰脏,剔出附着物,用去离子水清洗肠道内容物,滤纸吸干。肠道从第一个回折点以前为前肠,取前肠为样品, -20 °C 保存待测。粗酶液的制备和蛋白酶比活力的测定参照文献[12]的方法。

**生长率和蛋白质合成的测定** 生长试验结束后,将鱼饥饿 1 d,从每个饲料组中随机取鱼 10 尾,吸干体表水分,在每尾鱼的背鳍基部取白肌作为样品,并于 -20 °C 保存待测。测定核酸参照司亚东等<sup>[13]</sup>的方法。依据白肌的 RNA 和 DNA 含量计算 RNA/DNA。根据初末体重计算平均增重率。

血清 IGF-I 的测定 参照文献[14]。

### 1.4 数据分析

采用 SPSS 10.0 软件进行单因素方差分析,用 Duncan 氏多重比较分析组间差异显著性程度。血清 IGF-I 和 RNA/DNA 与平均增重率作双变量相关分析。

## 2 结果

### 2.1 生大豆和不同处理的大豆制品对鲤鱼种生长和蛋白酶活性的影响

热处理大豆组平均增重率与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ),生大豆组的平均增重率显著低于对照组( $P < 0.05$ )。化学钝化组、热处理大豆组和酒精浸提组之间没有显著差异( $P > 0.05$ ),但都显著高于生大豆组( $P < 0.05$ )。对照组的鲤肠

道和肝胰脏蛋白酶的活力分别为 206.07 U/mgPr 和 133.16 U/mgPr,显著高于生大豆组和酒精浸

提组( $P < 0.05$ ),但与化学钝化组和热处理大豆组差异不显著( $P > 0.05$ )(表 3)。

表 3 饲料中不同处理的大豆制品替代鱼粉对鲤生长、蛋白酶活力和蛋白质代谢的影响  
Tab.3 Effect of replacement of fish meal by raw and various processed soybeans meal on growth and protease specific activity and protein metabolism of *Cyprinus carpio*

	鱼粉组 fish meal	生大豆组 raw soybean meal	化学钝化组 processed soybean by chemical inactivator	热处理大豆组 processed soybean by heating	热乙醇浸提组 processed soybean by heat alcohol
初始体重(g) initial mean body weight	5.57 ± 0.32	5.87 ± 0.38	6.10 ± 0.21	5.90 ± 0.29	6.03 ± 0.33
终末体重(g) final mean body weight	23.73 ± 0.62 <sup>a</sup>	16.70 ± 0.55 <sup>d</sup>	21.63 ± 0.72 <sup>b</sup>	22.63 ± 0.50 <sup>ab</sup>	19.53 ± 0.55 <sup>c</sup>
平均增重率(%) weight gain	328.45 ± 20.78 <sup>a</sup>	188.25 ± 28.03 <sup>c</sup>	255.44 ± 8.83 <sup>b</sup>	285.21 ± 18.51 <sup>ab</sup>	224.90 ± 11.59 <sup>bc</sup>
肠道蛋白酶比活力(U/mg Pr) protease specific activity in the intestine	206.07 ± 8.31 <sup>c</sup>	184.92 ± 4.73 <sup>ab</sup>	201.79 ± 6.79 <sup>bc</sup>	209.53 ± 3.70 <sup>c</sup>	181.13 ± 4.56 <sup>a</sup>
肝胰脏蛋白酶比活力(U/mg Pr) protease specific activity in the hepatopancreas	133.16 ± 5.66 <sup>b</sup>	119.10 ± 4.16 <sup>a</sup>	130.25 ± 3.95 <sup>ab</sup>	136.44 ± 3.38 <sup>b</sup>	118.51 ± 2.82 <sup>a</sup>
DNA(μg/g)	511.20 ± 25.18	557.48 ± 16.81	497.40 ± 43.56	513.64 ± 21.24	536.93 ± 12.82
RNA(μg/g)	1205.59 ± 5.97 <sup>b</sup>	1043.68 ± 32.27 <sup>a</sup>	1049.35 ± 32.74 <sup>a</sup>	1126.59 ± 28.96 <sup>ab</sup>	1062.86 ± 25.60 <sup>a</sup>
RNA/DNA	2.37 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.88 ± 0.09 <sup>b</sup>	2.13 ± 0.12 <sup>ab</sup>	2.20 ± 0.11 <sup>ab</sup>	1.98 ± 0.06 <sup>b</sup>
IGF(ng/mL)	26.33 ± 2.53 <sup>a</sup>	16.23 ± 2.01 <sup>c</sup>	23.01 ± 2.65 <sup>b</sup>	22.63 ± 2.08 <sup>ab</sup>	17.89 ± 2.04 <sup>bc</sup>

注:表中同行不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Notes: Means in a row with a different superscript letter indicate difference at  $P < 0.05$ .

## 2.2 生大豆和不同处理的大豆制品对鲤鱼种蛋白质代谢的影响

生大豆和不同处理的大豆制品对白肌的 DNA 没有显著影响( $P > 0.05$ ),而白肌 RNA、RNA/DNA 都显著地受到饲料中生大豆和不同处理的大豆制品替代的影响( $P < 0.05$ )。鱼粉组白肌 RNA 的含量与热处理大豆组没有显著差异( $P > 0.05$ ),但显著高于生大豆组、化学钝化组和酒精浸提组( $P < 0.05$ )。鱼粉组白肌 RNA/DNA 与热处理大豆组和化学钝化组没有显著差异( $P > 0.05$ ),但显著高于生大豆组和酒精浸提组( $P < 0.05$ )。热处理大豆组血清 IGF-I 与对照组差异不显著( $P > 0.05$ ),化学钝化组和热处理大豆组和酒精浸提组的血清 IGF-I 差异不显著( $P > 0.05$ ),但都显著高于生大豆组( $P < 0.05$ ),白肌 RNA/DNA 与生长呈正相关( $P < 0.05$ ),相关系数分别为 0.942。血清 IGF-I 水平与生长呈正相关( $P < 0.05$ ),相关系数分别为 0.905。

## 3 讨论

### 3.1 大豆胰蛋白酶抑制因子的抗营养作用

本试验热处理大豆组和化学钝化大豆组主要

去除抗胰蛋白酶抑制因子,结果体增重、蛋白酶活力、RNA/DNA 和血清 IGF-I 都显著高于生大豆组和酒精浸提组,说明大豆抗胰蛋白酶抑制因子相对于大豆凝集素和抗原蛋白对鱼类的负面影响更加显著,大豆抗胰蛋白酶抑制因子通过抑制蛋白酶活力、降低蛋白质合成来影响鱼体的增重。在虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)<sup>[3]</sup>和大西洋鲑鱼(*Salmo salar*)<sup>[4]</sup>饲料中添加纯化大豆胰蛋白酶抑制因子,大豆中胰蛋白酶抑制剂链环结构中暴露的氨基酸残基与蛋白酶中的氨基酸发生络合作用,使蛋白酶失去酶解能力,显著降低肠道和肝胰脏蛋白酶的活性,降低蛋白质消化率,同时亦可负反馈性刺激胰腺泡分泌更多的酶进入肠道,造成胰腺细胞增生和肥大,内源氮损失增加,导致蛋白质用于生长的比例减少,进而出现营养性生长受阻或停滞,从而影响生长<sup>[3]</sup>。

### 3.2 大豆凝集素的抗营养作用

本试验含有凝集素的生大豆组、化学钝化组和热乙醇浸提组的体增重、蛋白酶活力、RNA/DNA 和血清 IGF-I 都显著低于对照组,不含有凝集素的热处理组的体增重与对照组没有显著的差异,表明大豆凝集素对鱼类有显著的抗营养作用,

大豆凝集素每个亚基都有一个与糖分子特异性结合的专一位点,能识别红细胞、淋巴细胞或小肠壁表面绒毛细胞上的特定糖基并与其结合,大多数凝集素对肠道内的蛋白水解酶有抵抗性<sup>[5]</sup>,大豆凝集素能与肠道内上皮细胞表面受体结合,导致刷状缘膜紊乱、上皮微绒毛缩短<sup>[8]</sup>。上述损伤使绒毛的形态损坏、干扰了离子转运,减少了与消化酶作用的机会,导致营养物质吸收不良,小肠代谢紊乱,增加了黏膜上皮的通透性,致使凝集素进入体内,直接触发小肠固有膜部位的肥大细胞脱落,组胺分泌增加,导致血管通透性加大和血清蛋白流失增加,使营养成分更多的流向小肠组织,而用于合成肌肉等组织的营养成分减少,从而降低营养物质的消化吸收,进而降低了动物的生长性能。

### 3.3 大豆抗原蛋白的抗营养作用

大豆抗原蛋白是指大豆及其制品中含有的一些可以引起动物产生过敏反应的物质,如大豆球蛋白和 $\beta$ -伴大豆球蛋白。Rumsey等<sup>[15]</sup>用经过不同加工处理的豆粕饲喂虹鳟后发现,即使胰蛋白酶抑制因子和大豆凝集素失活后,也会影响鱼的生长,表明加工后的大豆中仍含有对虹鳟的生长有负面影响的大豆抗原蛋白。本试验单独含有大豆抗原蛋白的热处理大豆组的增重、蛋白酶活力、蛋白质合成能力和血清IGF-I都与对照组没有显著差异,说明大豆抗原蛋白的抗营养作用没有抗胰蛋白酶抑制因子和凝集素的作用大,大豆抗原蛋白对鱼类的影响最小,或者说添加大豆蛋白还没有超过鱼类对大豆抗原蛋白的耐受阈值。随着大豆蛋白替代鱼粉蛋白比例的增加,对大西洋鲑<sup>[16]</sup>研究发现,鱼类上皮细胞损伤,结果导致胰腺肿大、小肠粘膜损坏、微绒毛发育异常、小肠后段的肠炎样状况使肠道正常功能受到影响,对营养物质的吸收降低,影响其利用。

### 3.4 不同加工方法的优缺点

本试验从对鱼类的抗营养作用来看,生大豆加工方法中热处理组好于热乙醇浸提组和化学钝化组,化学钝化组好于热乙醇浸提组。对豆类进行加热处理可破坏胰蛋白酶抑制因子和凝集素两种主要抗营养因子,从而促进蛋白质的消化吸收。Wilson等<sup>[17]</sup>观察到大豆粉的胰蛋白酶抑制因子的83%被破坏比100%被破坏得到较好的生长,再有热处理不能使某些如大豆抗原蛋白等抗营养因子全部失活,也影响某些营养物质如引起赖氨

酸不可逆破坏,从而导致蛋白质的消化率和氨基酸的利用率降低,所以尽管本试验中热处理大豆组最好,但生产中要注意适当加热处理。本试验化学钝化大豆组的生长和蛋白质代谢比热处理组差,但好于生大豆和热乙醇浸提大豆组,表明化学钝化法是提高大豆饼粕品质的有效途径,但溶剂浸泡导致水溶性物质的损失,又有产品烘干需要热能的弊端,不宜在实际生产中推广应用。

### 参考文献:

- [1] Stale R, Trond S, Ries J. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens [J]. *Aquaculture*, 1998, 162 (1): 301 - 312.
- [2] 王桂芹,郭贵良,孙丽,等. 饲料中全脂大豆替代鱼粉对鲤生长、饲料利用和鱼体组成的影响[J]. *上海交通大学学报*, 2009, 28(4): 353 - 357.
- [3] Krogdahl A, Lea T B, Olli J. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1994, 107: 215 - 219.
- [4] Olli J J, Hjelmeland K, Krogdahl A. Soybean trypsin inhibitors in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Effects on nutrient digestibilities and trypsin in pyloric caeca homogenate and intestinal content [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1994, 109(4): 923 - 928.
- [5] Robinson E H, Rawles S D. Effects of dietary tannic acid and quebracho tannin on growth performance and metabolic rates of common carp (*Cyprinus carpio* L.) [J]. *Aquaculture*, 1999, 175: 327 - 335.
- [6] Wilson R P, Poe W E. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish [J]. *Aquaculture*, 1985, 46: 19 - 25.
- [7] Kilshaw P J, Sissons J W. Gastrointestinal allergy to soybean protein in preruminant calves: Allergenic constituents of soybean products [J]. *Res Vet Sci*, 1979, (27): 366 - 371.
- [8] Krugluger W T, Lucas M, Koller G. Soybean agglutinin binds a 160-kDa rat macrophage membrane glycoprotein and enhances cell differentiation and activation [J]. *Immunol Lett*,

- 1996,52:53-56.
- [9] Liu K, Markakis P. Trypsin inhibition assay as related to limited hydrolysis of inhibitors[J]. *Anal Biochem*,1989,178:159-165.
- [10] 彭建宗. 胰酶修饰兔红细胞对几种豆科植物凝集活性的影响[J]. *华南师范大学学报(自然科学版)*,1999,(3):59-62.
- [11] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:农业出版社,1996:25-32.
- [12] 王桂芹,周洪琪,陈建明,等. 翘嘴鲌消化酶特性的研究[J]. *吉林农业大学学报*,2006,28(2):212-218.
- [13] 司亚东,金有坤,周洪琪,等. 鲤白肌中 RNA/DNA 值与生长的关系[J]. *上海水产大学学报*,1992,1(3/4):159-167.
- [14] 王桂芹,周洪琪,陈建明,等. 饲料蛋白对翘嘴鲌生长和内分泌激素的影响[J]. *水生生物学报*,2008,32(4):544-549.
- [15] Rumsey G L, Hughes S G, Winfree R A. Chemical and nutritional evaluation of soy protein preparations as primary nitrogen sources of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Anim Feed Sci Technol*,1993,40:135-151.
- [16] Krogdahl A M, Bakke M, Baeverfjord G. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. *Aquac Nutr*,2003,9:361-371.
- [17] Wilson R P, Poe W E. Effects of feeding soybean meal with varying trypsin inhibitor activities on growth of fingerling channel catfish [J]. *Aquaculture*,1985,46:19-25.

## Effects of various processed soybeans meal on growth and protein metabolism of *Cyprinus carpio* juveniles

WANG Gui-qin<sup>1\*</sup>, LI Zhi-ping<sup>1</sup>, YAN Xian-chun<sup>2</sup>, GUO Gui-liang<sup>2</sup>, SUN Li<sup>2</sup>,  
NIU Xiao-tian<sup>1</sup>, LU Hong-mei<sup>1</sup>, ZHU Xing-hua<sup>3</sup>, LI Qing-hua<sup>3</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. Changchun Academy of Fisheries Science in Jilin Province, Changchun 130214, China;

3. Xinlicheng Reservoir Bureau in Jilin Province, Changchun 130453, China)

**Abstract;** The effect of replacing fish meal with raw and various processed soybeans meal on growth and protein metabolism of common carp *Cyprinus carpio* was evaluated in an 8-week trial. The common carp fingerlings [initial body weight ( $5.89 \pm 0.36$ ) g] were fed five isonitrogenous and isocaloric feeds (30% digestible protein and 15 MJ/kg digestible energy) containing SBM replacing 50% of the fish meal protein, such as raw soybean (RSB), processed soybean by chemical inactivator, processed soybean by heating, processed soybean by heat alcohol, respectively. Results showed that weight gain of control were significantly different ( $P > 0.05$ ), but those fed RSB were significantly lower than control ( $P < 0.05$ ), those fed processed soybeans by chemical inactivator and by heating and by heat alcohol had no significant difference, but all significantly higher than control. Protease specific activity of control in the intestine and hepatopancreas was significantly higher than those fed RSB and processed soybeans by heat alcohol, but both had no significant difference with those fed processed soybeans by chemical inactivator and by heating ( $P > 0.05$ ). RNA of 100% fish meal and 50% processed soybean by heating in white muscle were no significant difference ( $P > 0.05$ ), but both were significantly higher than those fed RSB and processed soybeans by heat alcohol and by chemical inactivator and by heating, RNA/DNA of 100% fish meal and 50% processed soybean by heating and by chemical inactivator in white muscle had no significant difference ( $P > 0.05$ ), but all were higher than those fed raw soybean (RSB) and processed soybean by heat alcohol ( $P < 0.05$ ). RNA in white muscle and serum IGF-I had a positive correlation with growth ( $P < 0.05$ ). The degree of negative effect of soybean anti-nutritional factors on fish is anti-trypsin inhibitor > agglutinin > soybean antigen protein under the experimental conditions, and proper control could reduce the negative impact of soybean anti-nutritional factors on fish.

**Key words:** common carp; trypsin inhibitor factors; soybean agglutinin; soybean antigenic protein

**Corresponding author:** WANG Gui-qin. E-mail: wgqjlau@yahoo.com.cn