

网络出版时间:2016-11-24 13:52 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2017.01.001  
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161124.1352.002.html

# 不同大豆蛋白源对黄金鲈生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响

吴莉芳<sup>1</sup>, 王俊岭<sup>1</sup>, 邢秀苹<sup>1</sup>, 杨欢欢<sup>2</sup>, 黄 权<sup>1</sup>, 林佳洁<sup>1</sup>

(1 吉林农业大学 动物科学技术学院, 吉林 长春 130118;

2 厦门海博丰水产科技有限公司, 福建 厦门 361026)

【摘 要】 【目的】研究不同大豆蛋白源对黄金鲈生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响,为黄金鲈人工配合饲料的优化提供依据。【方法】以初始体质量为 $(28.71 \pm 0.08)$  g/尾的黄金鲈为研究对象,分别以豆粕和全脂豆粉为植物蛋白源,鱼粉为动物蛋白源,面粉和糊精为糖源,混合油脂 $[m(\text{鱼油}):m(\text{玉米油})=1:1]$ 为脂肪源,配制成对照组、豆粕组、全脂豆粉组 3 种等氮(粗蛋白含量 420.0 g/kg)、等能(总能 20.0 MJ/kg)的半精制饲料,其中豆粕组和全脂豆粉组是用豆粕和全脂豆粉分别替代对照组 20% 的鱼粉蛋白。每组饲料设 3 个重复,每个重复放养 20 尾,在控温单循环养殖系统进行为期 8 周的饲养试验。饲养试验结束后,采用国家标准方法测定黄金鲈肌肉中粗蛋白、粗脂肪、水分及粗灰分含量。【结果】在本试验条件下,豆粕替代鱼粉蛋白 20% 组的终末体质量、体质量增加率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率与对照组差异不显著( $P>0.05$ );而全脂豆粉替代鱼粉蛋白 20% 组的终末体质量、体质量增加率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率显著低于对照组( $P<0.05$ );不同大豆蛋白源对黄金鲈的肥满度、脏体比和肝体比影响不显著( $P>0.05$ )。当豆粕替代 20% 的鱼粉蛋白时,黄金鲈肌肉中的粗蛋白含量与对照组差异不显著( $P>0.05$ );当全脂豆粉替代 20% 的鱼粉蛋白时,黄金鲈肌肉中的粗蛋白含量显著低于对照组( $P<0.05$ );而不同大豆蛋白源对黄金鲈肌肉中的粗脂肪和粗灰分含量影响不显著( $P>0.05$ )。【结论】在本试验条件下,综合分析不同大豆蛋白源对黄金鲈生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响,相同鱼粉蛋白替代水平下,豆粕的替代效果优于全脂豆粉。

【关键词】 黄金鲈;豆粕;全脂豆粉;生长;饲料利用

【中图分类号】 S965.21;S963.71

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2017)01-0001-06

## Effects of different soybean proteins on growth, feed utilization and muscle composition of *Perca flavescens*

WU Lifang<sup>1</sup>, WANG Junling<sup>1</sup>, XING Xiuping<sup>1</sup>,  
YANG Huanhuan<sup>2</sup>, HUANG Quan<sup>1</sup>, LIN Jiajie<sup>1</sup>

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

2 Haibofeng Aquatic Technology Company Limited, Xiamen, Fujian 361026, China)

**Abstract:** 【Objective】The effects of different soybean proteins on growth, feed utilization and muscle composition of *Perca flavescens* were investigated in this study. 【Method】*P. flavescens* with initial weight  $(28.71 \pm 0.08)$  g at controlled temperature in a single recirculating system were fed by same semi-refined diets of isonitrogenous (crude protein was 420.0 g/kg) and isocaloric (total energy was 20.0 MJ/kg). Using soybean and full-fat soybean flour as plant protein, fish meal as animal protein, dextrin and flour as sugar source, and mixed oil (ratio of fish oil to coin oil was 1:1) as fat sources, three treatments of con-

【收稿日期】 2015-07-20

【基金项目】 吉林省教育厅项目(2015193);吉林省科技厅发展计划项目(20110233)

【作者简介】 吴莉芳(1970—),女,吉林农安人,教授,博士,硕士生导师,主要从事水产动物营养与饲料研究。

E-mail: wulifang2915@126.com

trol, soybean, and full-fat soybean. Soybean and full-fat soybean groups used soybean and full-fat soybean to replace 20% fish meal protein, respectively. Each treatment had 3 replicates with 20 fish in each. After 8 weeks, the contents of crude protein, crude fat, moisture, and crude ash in the muscle were determined based on national standard. 【Result】 There were no significant differences in the body weight, weight gain rate, specific growth rate, feed efficiency ratio, and protein efficiency ratio between soybean groups and control ( $P>0.05$ ). Body weight, weight gain rate, specific growth rate, feed efficiency ratio, and protein efficiency ratio were significantly decreased in full-fat soybean groups ( $P<0.05$ ). There were no significant differences in condition factor, hepatosomatic index and viscera somatic index ( $P>0.05$ ). There were no significant differences in content of crude protein in muscle between soybean groups and control groups ( $P>0.05$ ), while the content of crude protein in muscle in full-fat soybean groups were significantly decreased ( $P<0.05$ ). There were no significant differences in the contents of crude lipid and ash in muscle of *P. flavescens* ( $P>0.05$ ). 【Conclusion】 In this experiment, soybean is better than full-fat soybean to replace fish meal protein based on the analysis of growth performance, feed utilization and nutritional composition.

**Key words:** *Perca flavescens*; regular soybean meal; full-fat soybean powder; growth; feed utilization

鱼粉是水产饲料应用最多的动物蛋白源。但近年来,由于集约化水产养殖的发展,对鱼粉的需求量也不断增大,鱼粉资源短缺,寻求鱼粉蛋白源替代品已成为国际性研究课题<sup>[1]</sup>。大豆蛋白源具有蛋白质含量高、资源丰富、价格合理等特点,是水产饲料应用最多的植物蛋白源之一。但是鱼类饲料中大豆蛋白源的添加量受大豆蛋白源种类及养殖鱼种类、规格和食性等多方面因素的影响。关于大豆蛋白源替代鱼粉方面,国内外学者做了大量相关的研究,研究的鱼类主要包括虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*)<sup>[2-3]</sup>、大西洋鲑 (*Salmo salar* L.)<sup>[4-5]</sup>、罗非鱼 (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*)<sup>[6]</sup>、齐口裂腹鱼 (*Schizothorax prenanti*)<sup>[7]</sup>、星斑川鲮 (*Platichthys stellatus*)<sup>[8]</sup>、军曹鱼 (*Rachycentron canadum*)<sup>[9]</sup>、金头鲷 (*Sparus aurata* L.)<sup>[10]</sup>、埃及胡子鲇 (*Clarias lazera*)<sup>[11]</sup>、鲤鱼 (*Cyprinus carpio*)<sup>[12-13]</sup>、草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)<sup>[14]</sup> 等。研究的内容主要集中在大豆蛋白源替代鱼粉对鱼类生长性能<sup>[15]</sup>、消化性能<sup>[11]</sup>、肠道组织<sup>[12]</sup>、血液生化指标<sup>[7]</sup>的影响等方面。

黄金鲈 (*Perca flavescens*) 又名丝绸鲈, 隶属于鲈形目 (Perciformes), 鲈科 (Percidae), 鲈属 (*Perca*), 是北美地区最受欢迎的淡水名贵鱼类之一<sup>[16]</sup>。我国 1997 年从美国引进该鱼种, 2000 年 3 月首次人工繁殖成功。由于黄金鲈具有体形优美、营养价值高、适温广、适应性强、商品价值高、病害少等特点, 是池塘、网箱、工业化等养殖的主要对象。关于

黄金鲈的生物学特性、人工繁殖、苗种培育、食用鱼养殖等技术, 目前已有报道<sup>[17]</sup>, 而关于黄金鲈配合饲料目前尚未见系统报道。因此, 本研究通过饲养试验, 在黄金鲈配合饲料中, 利用豆粕和全脂豆粉部分替代鱼粉蛋白, 探讨不同大豆蛋白源对黄金鲈生长、饲料利用及肌肉营养成分的影响, 为研制黄金鲈配合饲料及优化黄金鲈饲料配方、合理开发利用大豆蛋白源提供基础依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验饲料的制备

分别以豆粕 (长春恒丰农牧有限公司提供) 和全脂豆粉 (吉林农业大学动物科学技术学院实验室磨制) 为植物蛋白源, 鱼粉 (长春恒丰农牧有限公司提供) 为动物蛋白源, 鱼油和玉米油 ( $m(\text{鱼油}) : m(\text{玉米油}) = 1 : 1$ ) 为脂肪源, 面粉和糊精为糖源, 纤维素为填充物, 配制成对照组 (Diet 1)、豆粕组 (Diet 2)、全脂豆粉组 (Diet 3) 3 种等氮 (粗蛋白含量为 420.0 g/kg)、等能 (总能为 20.0 MJ/kg) 的半精制配合饲料, 其中豆粕组和全脂豆粉组是用豆粕、全脂豆粉分别替代对照组 20% 的鱼粉蛋白 (本课题组前期研究表明, 黄金鲈饲料豆粕替代鱼粉的适宜量为 16%~24%)。将所有原料粉碎过 0.246 mm (60 目) 筛, 按表 1 配方称其质量, 混合均匀, 用电动绞肉机挤压成粒径为 2.0 mm 的颗粒饲料, 晒干后于一 20℃ 冰柜中保存备用。

表 1 黄金鲈 3 种饲料配方及主要营养成分(风干基础)

| Table 1 Formulation and nutritional composition of 3 experimental diets of <i>Perca flavescens</i> (air-dry basis) |                                                         |        |        |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
| 项目<br>Item                                                                                                         | 组成<br>Composition                                       | Diet 1 | Diet 2 | Diet 3 |
| 配方成分<br>Ingredient                                                                                                 | 鱼粉/(g·kg <sup>-1</sup> )Fish meal                       | 671.8  | 537.9  | 538.7  |
|                                                                                                                    | 全脂豆粕/(g·kg <sup>-1</sup> )Full-fat soybean powder FFSBM | —      | —      | 234.7  |
|                                                                                                                    | 豆粕/(g·kg <sup>-1</sup> ) Regular soybean meal RSBM      | —      | 198.3  | —      |
|                                                                                                                    | 糊精/(g·kg <sup>-1</sup> )Dextrin                         | 128.8  | 99.2   | 93.6   |
|                                                                                                                    | 面粉/(g·kg <sup>-1</sup> )Flour                           | 128.8  | 99.2   | 93.6   |
|                                                                                                                    | 玉米油/(g·kg <sup>-1</sup> )Corn oil                       | 10.0   | 14.1   | —      |
|                                                                                                                    | 鱼油/(g·kg <sup>-1</sup> )Fish oil                        | 10.0   | 14.1   | —      |
|                                                                                                                    | 氯化胆碱/(g·kg <sup>-1</sup> )Choline chloride              | 5.0    | 5.0    | 5.0    |
|                                                                                                                    | 预混料/(g·kg <sup>-1</sup> )Premix                         | 10.0   | 10.0   | 10.0   |
|                                                                                                                    | 微晶纤维素/(g·kg <sup>-1</sup> )Cellulose microcrystalline   | 29.6   | 16.2   | 18.4   |
|                                                                                                                    | 聚粘宝/(g·kg <sup>-1</sup> )Poly sticky                    | 5.0    | 5.0    | 5.0    |
| 营养成分<br>Proximate<br>composition                                                                                   | 粗蛋白/(g·kg <sup>-1</sup> ) Crude protein                 | 420.1  | 420.0  | 420.1  |
|                                                                                                                    | 粗脂肪/(g·kg <sup>-1</sup> ) Crude lipid                   | 80.1   | 80.0   | 80.0   |
|                                                                                                                    | 粗纤维/(g·kg <sup>-1</sup> )Crude fiber                    | 30.1   | 30.0   | 30.1   |
|                                                                                                                    | 粗灰分/(g·kg <sup>-1</sup> ) Ash                           | 100.8  | 94.6   | 90.2   |
|                                                                                                                    | 总能/(MJ·kg <sup>-1</sup> ) Calculated gross energy       | 20.2   | 20.1   | 20.0   |

1.2 试验鱼及饲养管理

试验所用黄金鲈购自浙江省台州市天台县龙溪淡水养殖场,试验前饱食投喂对照组饲料,预饲 15 d,使之逐渐适应试验饲料和养殖环境。预饲试验结束后,饥饿 24 h,挑选体质健壮、规格整齐、鳍鳞完整的黄金鲈鱼种(体质量(28.71±0.08)g/尾)180 尾,随机放养在 9 个玻璃缸中,每缸 20 尾,放养前用 40 g/L 的食盐水溶液药浴 10 min。随机安排每 3 个玻璃缸为 1 个试验组。每天称取足量饲料,分 3 次投喂(投喂时间 07:00,12:00,17:00),投饵方式为人工手撒,日投饵率为体质量的 5%~8%,每天记录各缸摄食饲料质量。在试验过程中,连续充气,每 2 d 换水 1 次,每次换水 1/4,试验水质保持水温(23±1)℃,pH 7.0~8.0,溶解氧 5.0 mg/L 以上,氨氮质量浓度低于 0.3 mg/L,亚硝酸盐质量浓度小于 0.08 mg/L,养殖试验持续 8 周。

1.3 样品的采集

试验开始时,测定试验鱼的初始体质量,试验结束后,停食 24 h,测定各组试验鱼的终末体质量。每个重复中随机取鱼 10 尾,分别称量体质量、内脏质量、肝脏质量,测定体长。其中 8 尾鱼取侧线以上、背鳍以下的肌肉,捣碎,均匀混合,于-20℃冰箱中保存,用以分析测定肌肉营养成分。

1.4 指标的测定与计算

粗蛋白(Crudeprotein)采用凯氏定氮法(GB 5009.5-2010)测定,粗脂肪采用索氏乙醚抽提法(GB 5009.6-2010)测定,粗灰分采用马福炉灼烧法(GB 5009.4-2010)测定,水分采用 105℃

恒温烘干失重法(GB 5009.3-2010)测定。其他指标的计算公式如下:

特定生长率(SGR)= $\frac{(\ln m_t-\ln m_0)}{t}\times 100\%$ ,

体质量增加率(WG)= $\frac{(m_t-m_0)}{m_0}\times 100\%$ ,

蛋白质效率(PER)= $\frac{(m_t-m_0)}{m_I\times w_p}$ ,

饲料效率(FER)= $\frac{(m_t-m_0)}{m_I}\times 100\%$ ,

肥满度(CF)= $\frac{m_t}{L^3}\times 100\%$ ,

肝体比(VI)= $\frac{m_H}{m_t}\times 100\%$ ,

脏体比(HI)= $\frac{m_V}{m_t}\times 100\%$ ,

成活率(SR)= $\frac{N_t}{N_0}\times 100\%$ 。

式中: $m_0$ 、 $m_t$  分别为初始和终末鱼体质量(g), $t$  为试验时间(d), $w_p$  为饲料粗蛋白含量(%), $m_I$  为摄入干饲料质量(g), $L$  为体长(cm), $m_H$  为肝脏质量(g), $m_V$  为内脏质量(g), $N_0$ 、 $N_t$  分别为初始和终末鱼的尾数。

1.5 统计分析

采用 SPSS 20.0 软件对黄金鲈生长性能及肌肉营养成分的主要指标进行方差分析,如果方差分析显著,进一步进行 LSD 和 Duncan's 多重比较,分析组间差异显著性,试验数据用“平均数±标准差”表示,显著性水平设定为  $P<0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同大豆蛋白源对黄金鲈生长及饲料利用的影响

表 2 表明,在本试验条件下,豆粕替代 20% 鱼粉蛋白组(Diet 2)黄金鲈的终末体质量、体质量增加

率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率与对照组(CK)差异不显著( $P>0.05$ );而全脂豆粉替代 20% 鱼粉蛋白组(Diet 3)的终末体质量、体质量增加率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率均显著低于对照组( $P<0.05$ );不同大豆蛋白源对黄金鲈的肥满度、脏体比和肝体比影响不显著( $P>0.05$ )。

表 2 不同大豆蛋白源对黄金鲈生长及饲料利用的影响

Table 2 Effects of different soybean proteins in diets on growth and feed utilization of *Perca flavescens*

| 处理<br>Treatment | 初始体质量/<br>(g·尾 <sup>-1</sup> )<br>Initial mean<br>body weight | 终末体质量/<br>(g·尾 <sup>-1</sup> )<br>Final mean<br>body weight | 特定生长率/%<br>Specific<br>growth rate | 体质量增加率/%<br>Weight gain | 蛋白质效率/%<br>Protein efficiency<br>ratio |
|-----------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| Diet 1          | 28.72±0.13 a                                                  | 51.17±1.48 b                                                | 1.11±0.06 b                        | 78.16±5.10 b            | 1.73±0.13 b                            |
| Diet 2          | 28.70±0.09 a                                                  | 50.81±2.50 b                                                | 1.10±0.09 b                        | 77.01±8.17 b            | 1.54±0.14 ab                           |
| Diet 3          | 28.69±0.05 a                                                  | 46.46±0.72 a                                                | 0.93±0.03 a                        | 61.91±2.33 a            | 1.44±0.06 a                            |

| 处理<br>Treatment | 饲料效率/%<br>Feed efficiency<br>ratio | 肥满度/(g·cm <sup>-3</sup> )<br>Condition<br>factor | 肝体比/%<br>Hepatosomatic<br>index | 脏体比/%<br>Viscerasomatic<br>index | 成活率/%<br>Survival rate |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Diet 1          | 72.60±5.48 b                       | 2.17±0.01 a                                      | 2.01±0.10 a                     | 11.07±0.18 a                     | 100                    |
| Diet 2          | 64.87±5.98 ab                      | 2.06±0.25 a                                      | 2.26±0.30 a                     | 12.87±1.47 a                     | 100                    |
| Diet 3          | 60.66±2.42 a                       | 2.23±0.04 a                                      | 1.81±0.18 a                     | 12.40±0.79 a                     | 100                    |

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。  
Note: Different lowercase letters indicate difference at  $P<0.05$ . The same below.

### 2.2 不同大豆蛋白源对黄金鲈肌肉营养成分的影响

从表 3 可以看出,在本试验条件下,当豆粕替代的 20% 鱼粉蛋白时,黄金鲈肌肉中的粗蛋白含量下降,但与对照组差异不显著( $P>0.05$ );当全脂豆粉

替代 20% 鱼粉蛋白时,黄金鲈肌肉中的粗蛋白含量显著低于对照组( $P<0.05$ )。而不同大豆蛋白源对黄金鲈肌肉中的粗脂肪和粗灰分影响不显著( $P>0.05$ )。

表 3 不同大豆蛋白源对黄金鲈肌肉营养成分的影响(湿质量)

Table 3 Effects of different soybean proteins on nutritional composition in muscle of *Perca flavescens* %

| 处理 Treatment | 水分 Moisture   | 粗蛋白 Protein   | 粗脂肪 Lipid   | 粗灰分 Ash     |
|--------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| Diet 1       | 76.99±0.56 a  | 18.17±0.53 a  | 1.73±0.07 a | 1.51±0.12 a |
| Diet 2       | 77.27±0.61 ab | 17.40±0.23 ab | 1.80±0.10 a | 1.46±0.08 a |
| Diet 3       | 78.15±0.36 b  | 16.91±0.35 b  | 1.81±0.11 a | 1.43±0.16 a |

## 3 讨论

### 3.1 不同大豆蛋白源对黄金鲈生长及饲料利用的影响

研究表明,与鱼粉蛋白源相比,大豆蛋白源在鱼类饲料中的过量使用,会导致鱼类生长性能下降<sup>[18-22]</sup>。赵元等<sup>[18]</sup>对不同大豆加工制品中主要抗营养因子免疫及抑制活性进行了比较分析,结果表明,全脂豆粉和豆粕中胰蛋白酶抑制因子含量分别为 51.00 和 0.82 TUI/mg,大豆凝集素含量分别为 19.86 和 5.66 mg/g,全脂豆粉中胰蛋白酶抑制因子和大豆凝集素的含量均高于豆粕。刘襄河等<sup>[19]</sup>研究了饲料中豆粕替代鱼粉比例对牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)生长性能及生化指标的影响,结果表明,牙鲆饲料中豆粕的适宜添加量为 16%。吴莉

芳等<sup>[20]</sup>研究了不同大豆蛋白源对埃及胡子鲇生长、饲料利用及体成分的影响,结果表明,当全脂豆粉替代鱼粉蛋白的比例为 20% 时,会显著降低埃及胡子鲇特定生长率、饲料效率、蛋白质效率和蛋白质沉积率。Elangovan 等<sup>[21]</sup>研究报道,在四须鲃(*Barbodes altus*)饲料中添加豆粕会使其特定生长率显著低于对照组。Escaffre 等<sup>[22]</sup>研究表明,以鲤鱼鱼苗为研究对象,当大豆蛋白替代水平高于 40% 时,其生长率显著下降。在本试验条件下,豆粕替代 20% 鱼粉蛋白组黄金鲈的终末体质量、体质量增加率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率与对照组差异不显著( $P>0.05$ );而全脂豆粉替代 20% 鱼粉蛋白组鱼的终末体质量、体质量增加率、特定生长率、饲料效率、蛋白质效率显著低于对照组( $P<0.05$ )。这主要是由于豆粕和全脂豆粉的适口性不同及大豆蛋白中抗

营养因子的含量不同所致。豆粕是大豆经浸提法或预压浸提法制油后的副产物。全脂豆粉是利用大豆磨制而成的粉末。根据大豆蛋白中抗营养因子对热的敏感性程度可分为两类:一类是热不稳定抗营养因子,主要包括胰蛋白酶抑制因子、糜蛋白酶抑制因子、大豆凝集素、抗维生素因子及致甲状腺肿因子等;另一类是热稳定因子,主要包括大豆抗原蛋白、皂苷、异黄酮、植酸、单宁及寡糖等。

### 3.2 不同大豆蛋白源对黄金鲈肌肉营养成分的影响

鱼体的营养成分是反映鱼类营养水平和生理状态的主要指标。在一定的生长发育阶段,鱼类肌肉营养成分是相对恒定的,但随着饲料营养成分、养殖环境、养殖技术管理、加工技术等改变,鱼类的肌肉营养成分会发生相应的变化。鱼类饲料营养组成对鱼类生产起着关键性的作用,不同饲料的组成对鱼体的生化组成影响较大。在鱼类的饲料中,过量添加大豆蛋白不但影响鱼类的摄食和生长,而且影响鱼类的肌肉营养成分。本研究中,当豆粕替代鱼粉蛋白的比例为 20%时,黄金鲈肌肉中的粗蛋白含量下降,但与对照组差异不显著( $P>0.05$ );当全脂豆粉替代鱼粉蛋白比例为 20%时,黄金鲈肌肉中粗蛋白的含量显著低于对照组( $P<0.05$ ),这与陈乃松等<sup>[23]</sup>对欧洲鳗鲡(*Anguilla*)的研究结果相似。引起黄金鲈肌肉中蛋白质含量下降的主要原因是由于全脂豆粉中含有抗营养因子,过量添加影响黄金鲈对饲料中蛋白质和氨基酸等营养物质的消化、吸收及合成。另外,全脂豆粉的过量使用,使饲料中氨基酸比例失衡,因此影响了鱼类体蛋白的合成和蛋白质的沉积。Chou 等<sup>[24]</sup>在军曹鱼(*Rachycentron canadum*)幼鱼饲料中添加 10%~60%的大豆粉,结果表明,肌肉中的脂肪含量随大豆粉添加水平的增加而增大,而蛋白质含量表现出降低趋势,但降低幅度不明显。罗智等<sup>[25]</sup>对石斑鱼(*Epinephelus coioides*)配合饲料中用发酵豆粕和豆粕部分替代白鱼粉进行研究,结果表明,饲喂豆粕的石斑鱼肌肉中的脂肪含量有所下降,但各组间差异不显著。

另外,从本研究结果可知,不同大豆蛋白源对黄金鲈肌肉中的粗脂肪含量影响不显著。Kikuchi<sup>[26]</sup>报道,在适宜的范围内,豆粕蛋白替代鱼粉蛋白不会影响牙鲆鱼体的生化组成。目前关于大豆蛋白替代鱼粉蛋白对鱼类肌肉中粗脂肪的影响有不同的报道<sup>[13]</sup>,这可能是由于鱼类、试验饲料配方及养殖条件不同所致。

### [参考文献]

- [1] Hardy R W, Kissil G W M. Trends in aquaculture feeding [J]. Feed Mix, 1997, 5: 31-33.
- [2] Heikkinen J, Vielma J, Kemiläinen O, et al. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2006, 26(1): 259-268.
- [3] Venold F F, Penn M H, Krogdahl Å, et al. Severity of soybean meal induced distal intestinal inflammation, enterocyte proliferation rate, and fatty acid binding protein (Fabp2) level differ between strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 2012, 264: 281-292.
- [4] Einar L, Froystad M K, Ostby G C, et al. Effects of diets containing soybean meal on trypsin mRNA expression and activity in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture, 2007, 147: 25-36.
- [5] Bakke-Mckellep A M, Sanden M, Danieli A, et al. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr fed genetically modified soybeans and maize: histological, digestive, metabolic, and immunological investigations [J]. Research in Veterinary Science, 2008, 84: 395-408.
- [6] Lin S M, Luo L. Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* [J]. Anim Feed Sci Technol, 2011, 168(1/2): 80-87.
- [7] 向 泉, 周兴华, 陈 建, 等. 饲料豆粕蛋白替代鱼粉蛋白对齐口裂腹鱼生长性能、体成分及血液生化的影响 [J]. 水产学报, 2012, 36(5): 723-731.  
Xiang X, Zhou X H, Chen J, et al. Effect of dietary replacement of fish meal protein with soybean meal protein on the growth, body composition and hematology indices of *Schizothorax prenanti* [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(5): 723-731.
- [8] Song Z D, Li H Y, Wang J Y, et al. Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle composition of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*) [J]. Aquaculture, 2014, 426/427(1): 96-104.
- [9] Watson A M, Buentello A, Place A R. Partial replacement of fishmeal, poultry by-product meal and soy protein concentrate with two non-genetically modified soybean cultivars in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum* [J]. Aquaculture, 2014, 434: 129-136.
- [10] Kokou F, Rigos G, Henry M, et al. Growth performance, feed utilization and non-specific immune response of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed graded levels of a bioprocessed soybean meal [J]. Aquaculture, 2012, 364: 74-81.
- [11] 吴莉芳, 秦贵信, 孙泽威, 等. 饲料中去皮豆粕替代鱼粉对埃及胡子鲇消化酶活力和肠道组织的影响 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 2010, 49(4): 99-105.  
Wu L F, Qin X G, Sun Z W, et al. Effect of dietary dehulled

- soyabean meal replacing fish meal on the activity of digestive enzyme and the intestine tissue of *Clarias lazera* [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2010, 49(4): 99-105.
- [12] 张锦秀, 周小秋, 倪学勤, 等. 分离大豆蛋白对幼建鲤生长及肠道的影响 [J]. 水产学报, 2008, 32(1): 84-89.  
Zang J X, Zou X Q, Ni X Q, et al. Effects of soybean protein isolate on growth performance and intestine of *Cyprinus carpio* Var. Jian juveniles [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(1): 84-89.
- [13] 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.  
Wu L F, Qin G X, Zhang D M. Effect of dietary soybean protein level on the growth performance of carp and nutritional components in the muscle [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2008, 36(10): 67-73.
- [14] 吴莉芳, 王洪鹤, 张东鸣, 等. 饲料中大豆蛋白对草鱼生长及饲料利用的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2009, 30(2): 78-81.  
Wu L F, Wang H H, Zhang D M, et al. Effects of different levels of dietary soybean protein on growth performance and feed utilization of *Ctenopharyngodon idellus* [J]. Journal of South China Agricultural University, 2009, 30(2): 78-81.
- [15] Yamamoto T, Iwashita Y, Matsunari H, et al. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture, 2010, 309: 173-180.
- [16] Malison J. A white paper on the status and needs of yellow perch aquaculture in the North Central Region [M]. USA: North Central Regional Aquaculture, 2000: 5-13.
- [17] 杨 娅, 杨欢欢, 邢秀苹, 等. 黄金鲈的研究现状及养殖发展前景 [J]. 经济动物学报, 2013, 17(4): 232-235.  
Yang H, Yang H H, Xing X P, et al. Research progress and development prospects of *Perca flavescens* [J]. Journal of Economic Animal, 2013, 17(4): 232-235.
- [18] 赵 元, 秦贵信, 王 涛, 等. 不同大豆加工制品中主要抗营养因子免疫及抑制活性的比较 [J]. 大豆科学, 2007, 26(6): 930-934.  
Zhao Y, Qin G X, Wang T, et al. Comparisons of immunocompetence and inhibit competence of main antinutritional factors in different processed soybean products [J]. Soybean Science, 2007, 26(6): 930-934.
- [19] 刘襄河, 叶继丹, 王子甲, 等. 饲料中豆粕替代鱼粉比例对牙鲆生长性能及生化指标的影响 [J]. 水产学报, 2010, 34(3): 450-458.  
Liu X H, Ye J D, Wang Z J, et al. Partial replacement of fish meal by soybean meal in diets for juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(3): 450-458.
- [20] 吴莉芳, 安丽影, 秦贵信, 等. 不同大豆蛋白源对埃及胡子鲇生长、饲料利用及体成分的影响 [J]. 水生生物学报, 2009, 33(6): 1214-1218.  
Wu L F, An L Y, Qin G X, et al. Effects of different dietary soybean protein sources on growth, feed utilization and body composition in *Clarias lazera* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2009, 33(6): 1214-1218.
- [21] Elangovan A, Shim K F. The influence of replacing fish meal partially in the diet with soybean meal on growth and body composition of juvenile tin foil barb (*Barbodes altus*) [J]. Aquaculture, 2000, 189(1): 134-144.
- [22] Escaffre A M, Infante J L Z, Cahu C L. Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities [J]. Aquaculture, 1997, 153: 63-80.
- [23] 陈乃松, 艾庆辉, 王道尊. 欧洲鳗配合饲料中大豆蛋白替代鱼粉的研究 [J]. 水产学报, 1998, 22(3): 283-287.  
Chen N S, Ai Q H, Wang D Z. Studies on soybean protein as a substitute for fish meal in formulated diets for *Anguilla* [J]. Journal of Fisheries of China, 1998, 22(3): 283-287.
- [24] 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.
- [25] 罗 智, 刘永坚, 麦康林, 等. 石斑鱼配合饲料中发酵豆粕和豆粕部分替代白鱼粉的研究 [J]. 水产学报, 2004, 28(2): 175-181.  
Luo Z, Liu Y J, Mai K S, et al. Partial replacement of fish meal by soybean protein in diets for grouper *Epinephelus coioides* juveniles [J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(2): 175-181.
- [26] Kikuchi K. Use of defatted soybean as a substitute for fish meal in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) [J]. Aquaculture, 1999, 179: 3-11.