

摄食促进物质对许氏平鲷摄食和生长的影响

常青¹ 关长涛¹ 梁萌青¹ 曹宝祥¹ 刘宁¹ 姜泽明² 刘晓静³

(¹ 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(² 威海证明海洋科技开发有限公司, 264300)

(³ 荣成出入境检验检疫局, 威海 264300)

摘要 以初始体重为 49.83 ± 0.17 g 的许氏平鲷 *Sebastes schlegeli* 为实验对象, 进行为期 30 d 的摄食生长实验。共配制 6 种等氮等能饲料, 其中 5 种饲料以鱼粉和豆粕为蛋白源 (豆粕蛋白替代 30% 的鱼粉蛋白) 配制出基础饲料, 分别在基础饲料中不添加摄食促进物质和添加 0.3% 的商品诱食剂、二甲基- β -丙酸噻亭 (DMPT)、甜菜碱和柠檬酸配制成 5 种豆粕替代饲料, 其余 1 种为鱼粉不替代饲料作为对照组, 研究摄食促进物质对许氏平鲷摄食和生长的影响。结果表明, 当豆粕取代饲料中添加甜菜碱和柠檬酸时, 许氏平鲷的特定生长率、饲料效率、蛋白质效率以及肝脏、肠胰蛋白酶活力都显著高于不添加摄食促进物质组 ($P < 0.05$); 当不添加摄食促进物质时, 摄食率显著低于鱼粉不替代组 ($P < 0.05$); 而添加 DMPT、甜菜碱和柠檬酸时, 摄食率与鱼粉不替代组比较没有显著差异 ($P > 0.05$); 肝体指数都明显地低于鱼粉不替代组。结果表明, 豆粕替代 30% 的鱼粉蛋白时, 添加 0.3% 的甜菜碱或柠檬酸能够显著提高许氏平鲷幼鱼对饲料的摄食率和生长率。

关键词 许氏平鲷 摄食促进物质 豆粕 摄食 生长

中图分类号 Q959.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2009)04-0001-07

Effects of feeding stimulants on feed intake and growth of *Sebastes schlegeli*

CHANG Qing¹ GUAN Chang-tao¹ LIANG Meng-qing¹ CAO Bao-xiang¹
LIU Ning¹ JIANG Ze-ming² LIU Xiao-jing³

(¹ Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource,

Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(² Zhengming Marine Technology and Development Ltd., Weihai 264300)

(³ Rongcheng Import and Export Inspection and Quarantine Bureau, Weihai 264300)

ABSTRACT A 30-day feeding trial was conducted to determine the effects of feeding stimulants in the diets containing soybean meal on feed intake and growth of *Sebastes schlegeli*. Six isonitrogenous (50.4% crude protein) and isocaloric (20.6 kJ/g) diets were formulated. The control diet (FM) contained 70% fish meal as the sole protein source. In the other five diets (SBM), 30% fish meal protein was replaced by soybean meal protein, but either without sup-

国家十一五支撑计划项目(2006BAD09A13)和山东省科技发展计划项目(2008GGA10888)共同资助

收稿日期:2008-07-10;接受日期:2008-08-15

作者简介:常青(1971-),女,副研究员,主要从事水生动物营养与饲料研究。E-mail:changqing@ysfri.ac.cn, Tel:(0532)85822914

plement of feeding stimulants, or with 0.3% commercial feeding attractant, dimethyl- β -propiothetin (DMPT), betaine, or citric acid respectively. The experiment was conducted in triplicates in 100-l indoor flow-through conical tanks at 20 ± 1 °C and 32 salinity. The fish at initial body weights of 49.83 ± 0.17 g were fed to apparent satiation twice daily (08:00 and 16:00). At the end of the feeding trial, the survival rate were not significantly different among dietary treatments ($P > 0.05$). The fish fed SBM without feeding stimulants exhibited significantly lower feed intake (FI, $P < 0.05$) than the fish fed FM. However, the FI of fish fed SBM diets with DMPT, betaine and citric acid were not significantly different from that in control ($P > 0.05$). The specific growth rate (SGR), feed efficiency ratio (FER) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed SBM with betaine and citric acid were significantly higher than those fed SBM diets without feeding stimulants ($P < 0.05$). The fish fed SBM diets showed significantly lower hepatosomatic index than the fish fed FM diets. The whole body moisture, protein, lipid and energy were not significantly affected by the feeding stimulants ($P > 0.05$). The ash in fish fed SBM diets with commercial attractant and betaine were significantly lower than that in other groups ($P < 0.05$). The fish fed SBM diets with betaine and citric acid showed significantly higher activities of trypsin in liver and intestine than the fish fed SBM diets without supplemental feeding stimulants ($P < 0.05$). The results indicate that 0.3% betaine or citric acid added to the SBM diet (30% FM protein replaced by SBM protein) can improve feed intake and growth response of *Sebastes schlegeli*.

KEY WORDS *Sebastes schlegeli* Feeding stimulants Soybean meal Feed intake Growth

许氏平鲷 *Sebastes schlegeli* 隶属于鲷形目, 鲷科, 平鲷属, 别名黑鲷, 在我国主要分布于渤海、黄海和东海, 国外见于韩国、日本和鄂霍次克海南部水域。该鱼抗病力强, 生长较快, 在我国北方沿海可自然越冬, 是增养殖的优良品种之一。许氏平鲷是肉食性鱼类, 目前多用小杂鱼来喂养, 给饵费时费力, 并且长期投喂鲜杂鱼, 易造成养殖鱼种营养缺乏症, 养殖成活率低。而人工配合饲料不仅可以解决上述问题, 且可以保护环境、减少污染。鱼粉是配合饲料中主要的蛋白源, 当前鱼粉的价格不断上涨, 严重阻碍了水产养殖业的持续发展, 人们试图利用植物蛋白来部分或全部取代鱼粉蛋白, 以达到节约饲料成本的目的。

但是植物蛋白替代鱼粉往往造成生长不理想, 除了营养成分不平衡之外, 适口性差是主要原因 (Reigh *et al.* 1992; Boonyaratpalin *et al.* 1998)。一些研究表明, 在蛋白替代的饲料中添加适当的摄食促进物质, 可以改善饲料的适口性, 提高摄食率, 促进生长 (Kubitza *et al.* 1997; Papatryphon *et al.* 2000)。鱼类对食物中一些特殊化学气味的反应具有高度的种间特异性, 也就是说不同的鱼类对诱食剂种类和诱食活性成分含量的需求不同 (王安利等 2002; 徐增洪等 1997)。本实验是以鱼粉和豆粕为主要蛋白源, 以豆粕蛋白取代 30% 的鱼粉蛋白, 通过在豆粕替代饲料中添加不同的摄食促进物质, 探讨其对许氏平鲷摄食和生长的影响。

1 材料与方 法

1.1 实验饲料

实验共制作 6 组等氮等能 (粗蛋白 50.4%, 总能 20.6 kJ/g) 的饲料 (表 1)。对照组饲料为全鱼粉饲料, 以鱼粉 (CP65%) 作为主要蛋白源, 鱼油和豆油做为脂肪源。豆粕取代饲料主要以鱼粉和豆粕 (CP42%) 为蛋白源, 以豆粕蛋白替代 30% 的鱼粉蛋白, 配制成基础饲料。在基础饲料中或不添加摄食促进物质, 或分别添加

0.3%的不同摄食促进物质,其中一组选用的是商品诱食剂,另外3组分别添加DMPT(二甲基-β-丙酸噻亭)、甜菜碱(购自沈阳圆润化工有限公司)和柠檬酸(购自天津市博迪化工有限公司)。配制饲料时先将各种原料充分混匀,然后用2%的褐藻酸钠做黏合剂,制成粒径为4 mm的颗粒饲料,晾干,冰柜中保存备用。

表1 实验饲料组成成分和含量
Table 1 Composition of experimental diets

组成(%) Composition	分组(摄食促进物质成分) Treatment (feeding stimulants ingredients)					
	饲料0(对照) Diet 0 (Control)	饲料1 (基础饲料) Diet 1 (Basic diet)	饲料2 (商品诱食剂) Diet 2 (Commercial attractant)	饲料3 (DMPT) Diet 3 (DMPT)	饲料4 (甜菜碱) Diet 4 (Betaine)	饲料5 (柠檬酸) Diet 5 (Citric acid)
成分 Ingredients						
鱼粉 Fish meal	70	49	49	49	49	49
豆粕 Soybean meal	0	32	32	32	32	32
面粉 Wheat meal	27	13.4	13.1	13.1	13.1	13.1
鱼油 Fish oil	0.6	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
豆油 Soybean oil	1.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
预混料 Premix	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vc Vitamin C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
摄食促进物质 Feeding stimulants	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3
营养成分 Nutritional composition						
粗蛋白 Crude protein	51.2	50.1	50.2	50.2	50.2	50.2
粗脂肪 Crude lipid	11.8	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
能量(kJ·g) Energy	21.0	20.4	20.4	20.6	20.6	20.6

1.2 实验鱼和日常管理

实验用鱼取自青岛市沙子口的海上网箱。运回黄海水产研究所小麦岛实验基地后,在室内水泥池用对照饲料驯养30 d后转入养殖系统。实验开始时鱼体均重 49.83 ± 0.17 g,实验设6个组,每个组设3个重复,每个重复组15尾鱼。

实验鱼饲养在水体体积约为100 L的圆柱形玻璃钢桶中,水源为经过双重过滤的海水,流水饲养,流量0.4~0.6 L/min,溶氧维持在6.0 mg/L以上,pH值6.8~7.2,水温 20 ± 1 °C,盐度为32。采取饱食投喂方式,每天投喂两次(08:00和16:00)。每次投喂时间为1 h,投喂至桶底出现残饵且许氏平鲈不再摄食为止,投喂完毕后收集残饵,烘干称重,计算每天摄食饲料量。

1.3 测定指标和实验方法

实验结束后每桶随机抽取3尾许氏平鲈测定鱼体常规成分。鱼体或饲料的水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分和能量依次采用恒温干燥法(105 °C)、凯氏定氮法、索氏抽提法、灼烧法和氧弹仪测定(AOAC 1995)。

1.4 消化酶活性测定

1.4.1 粗酶液的制备

饲养结束后,从每个饲料组中随机取许氏平鲈10尾,取出肠道和肝胰脏,剔除附着物,用去离子水清洗肠道内容物,滤纸吸干。样品称重,加入10倍体积的冰冻高纯水匀浆,10 000 r/min离心30 min,取上清液作为粗酶液,4 °C保存、待测。在24 h内测定完毕。

1.4.2 消化酶活性的测定

(1)蛋白酶活性的测定。参照潘鲁青等(1997)所用方法:取0.04 mol/L EDTA-Na 0.1 ml, 0.05 mol/L

硼砂-氢氧化钠缓冲液 0.1 ml, 酶液 0.4 ml, 0.5% 干酪素 2 ml, 混匀后置 37 °C 水浴中, 反应 15 min 后加入 30% 三氯乙酸 1 ml, 离心, 取上清液, 用福林-酚试剂测酪氨酸生成。定义在 37 °C 下每分钟水解干酪素产生 1 μg 酪氨酸的酶量为 1 个酶比活力单位。

(2) 脂肪酶活性的测定。标准氢氧化钠滴定法, 底物为聚乙烯醇橄榄油乳化液。定义在 37 °C 下每分钟催化产生 1 μg 分子脂肪酸的酶量为 1 个酶比活力单位。

(3) 淀粉酶活性的测定。在试管中加入 1 ml 底物溶液(1 g 淀粉溶于 100 ml 磷酸盐缓冲溶液), 并加入 0.5 ml 酶液, 混匀, 于 37 °C 恒温水浴保温 5 min 后, 加入 2 ml 3,5-二硝基水杨酸显色液终止反应。将此溶液置于沸水浴中 5 min 后, 取出进行流水冷却, 随后加蒸馏水 6 ml, 用分光光度计在 540 nm 波长处比色。对照组先加显色液后加酶液。定义在 37 °C 下每分钟催化淀粉生成 1 μg 水麦芽糖的酶量为 1 个酶比活力单位。

(4) 总蛋白测定方法。以牛血清白蛋白作标准, 用双缩脲法测定(北京师范大学生化系 1995)。

1.5 数据处理与统计分析

实验鱼的增重率(Weight gain, WG)、摄食率(Feeding rate, FR)、肝体指数(Hepatosomatic index, HSI)、蛋白质贮积率(Protein efficiency ratio, PER)、特定增长率(Specific growth rate, SGR)、饲料效率(Feed efficiency ratio, FER)和肥满度(Condition factor)的计算公式如下:

增重率(WG) = $100 \times (\text{终末体重} - \text{初始体重} + \text{死亡鱼体重}) / \text{初始体重}$

特定增长率(SGR) = $(\ln \text{终末体重} - \ln \text{初始体重}) / \text{投喂天数} \times 100\%$

摄食率(FR) = $100 \times \text{总摄食量} / [(\text{初始体重} + \text{终末体重}) / 2] / \text{投喂天数}$

肝体指数(HSI) = $100 \times \text{肝重} / \text{鱼体鲜重}$

蛋白质效率(PER) = $\text{鱼体增重} / \text{摄入的蛋白总量}$

饲料效率(FER) = $100 \times \text{鱼体增重} / \text{总摄食量}$

肥满度(CF) = $100 \times \text{鱼体鲜重}(\text{g}) / \text{鱼体体长}(\text{cm})^3$

实验数据(Mean ± SE)用 SPSS 11.5 统计软件进行单因素方差分析, 当差异显著时($P < 0.05$), 进行 Tukey 多重比较。

2 结果

2.1 摄食促进物质对许氏平鲈摄食和生长的影响

经过 30 d 的养殖试验, 各处理组的成活率均为 100%。全鱼粉组的摄食率最高, 其次为豆粕替代中添加柠檬酸的处理组, 然后是添加甜菜碱的处理组, 3 组之间的摄食率没有显著性差异($P > 0.05$), 它们显著地高于($P < 0.05$)豆粕替代中不添加摄食促进物质组。在豆粕替代中添加商业诱食剂不能提高许氏平鲈的摄食率, 但添加 DMPT 可以明显改善豆粕替代组的摄食率($P < 0.05$), 但是显著地低于全鱼粉组和豆粕替代中添加柠檬酸组。增重率和特定增长率的变化趋势相同, 在豆粕替代中添加甜菜碱和柠檬酸的处理组, 许氏平鲈的特定增长率分别为 1.27% 和 1.29%, 与全鱼粉组比较差异不显著($P > 0.05$)。在豆粕替代中添加商业诱食剂、DMPT 与不添加摄食促进物质的替代组的特定增长率之间没有显著差异, 但是它们都明显地低于其他 3 个组($P < 0.05$)。各处理组之间肥满度无显著变化。全鱼粉组的肝体指数明显高于其他各组($P < 0.05$)(表 2)。

2.2 饲料中摄食促进物质对鱼体常规成分和饲料利用率的影响

饲料中添加摄食促进物质对鱼体的水分、粗蛋白、粗脂肪和能量均没有显著影响($P > 0.05$), 豆粕替代组中添加商业诱食剂和甜菜碱组的灰分含量明显低于其他各组($P < 0.05$)。豆粕替代中添加柠檬酸和甜菜碱组的蛋白质效率和饲料效率与全鱼粉组无显著差异, 没有添加任何摄食促进物质的豆粕替代组的蛋白质效率和饲料效率均最低, 明显低于其他各组($P < 0.05$), 其次是添加商业诱食剂组, 其蛋白质效率与不添加组无显著差异, 但饲料效率明显高于不添加组($P < 0.05$)(表 3)。

表2 摄食促进物质对许氏平鲈增重率、特定生长率、摄食率、肥满度和肝体指数的影响(平均值±标准误)

Table 2 Effects of feeding stimulants on weight gain rate, specific growth rate, feed intake, conditional factor and hepatosomatic index of *Sebastes schlegeli* (mean±S. E.)

饲料号 Diet No.	增重率 WG(%)	特定生长率 SGR(%)	摄食率 FR(%)	肥满度 CF	肝体指数 HIS(%)
0	81.95±5.94 ^b	1.29±0.22 ^b	2.85±0.04 ^c	2.00±0.19 ^a	3.71±0.66 ^b
1	55.35±0.04 ^a	0.23±0.01 ^a	2.24±0.04 ^a	1.89±0.00 ^a	2.62±0.10 ^a
2	60.01±1.88 ^a	0.43±0.08 ^a	2.28±0.08 ^a	1.82±0.05 ^a	2.45±0.17 ^a
3	61.00±2.14 ^a	0.47±0.09 ^a	2.63±0.11 ^b	1.76±0.05 ^a	2.70±0.12 ^a
4	81.54±3.99 ^b	1.27±0.15 ^b	2.79±0.03 ^{bc}	1.79±0.46 ^a	2.60±0.47 ^a
5	82.06±3.84 ^b	1.29±0.14 ^b	2.81±0.02 ^c	1.77±0.08 ^a	2.65±0.20 ^a

注:同一列上标字母不同差异显著($P<0.05$)

表3 摄食促进物质对许氏平鲈鱼体常规成分、饲料利用率的影响

Table 3 Effects of feeding stimulants on whole-body composition and feed efficiency of *Sebastes schlegeli*

饲料号 Diet No.	水分 Moisture(%)	粗蛋白 Crude protein(%)	粗脂肪 Crude lipid(%)	灰分 Ash(%)	能量 Energy(kJ/g)	蛋白质效率 Protein efficiency ratio	饲料效率 Feed efficiency ratio(%)
0	70.92±0.58	16.69±0.21	5.45±0.02	6.28±0.01 ^a	5.61±0.10	1.69±0.20 ^a	86.67±1.64 ^a
1	70.89±1.10	16.13±0.11	5.70±0.01	6.67±0.03 ^a	5.57±0.12	1.23±0.01 ^c	61.57±0.49 ^c
2	71.75±0.76	16.39±0.34	5.83±0.21	5.48±0.21 ^b	5.65±0.29	1.39±0.01 ^c	69.81±0.29 ^b
3	70.85±0.64	16.29±0.09	5.29±0.07	6.65±0.21 ^a	5.51±0.30	1.45±0.03 ^b	72.45±1.54 ^b
4	71.46±0.08	16.61±0.14	5.48±0.31	5.91±0.13 ^b	5.60±0.25	1.69±0.17 ^a	84.74±2.11 ^a
5	70.32±0.43	16.83±0.22	5.54±0.12	6.74±0.10 ^a	5.66±0.19	1.57±0.06 ^{ab}	78.69±3.02 ^a

注:同一列上标字母不同差异显著($P<0.05$)

2.3 饲料中摄食促进物质对消化酶活力的影响

摄食促进物质对许氏平鲈消化酶活力的影响结果见表4。由表4中可以看出,豆粕取代饲料中不添加摄食促进物质,许氏平鲈的肠道和肝脏中蛋白酶的活力明显地低于全鱼粉组($P<0.05$);但是添加一定量的摄食促进物质则有助于提高蛋白酶活力。当在豆粕取代饲料中添加DMPT和甜菜碱,许氏平鲈肠蛋白酶的活力显著高于不添加组和商业诱食剂组($P<0.05$),但与全鱼粉组和添加柠檬酸组之间无显著差异($P>0.05$)。当豆粕取代饲料中添加摄食促进物质时,许氏平鲈的肝蛋白酶活力明显高于不添加摄食促进物质组($P<0.05$),但与全鱼粉组比较差异不显著。在本实验中,摄食不同饲料的许氏平鲈肠淀粉酶活力和肝脂肪酶活力没有出现显著差异($P>0.05$)。

表4 摄食促进物质对许氏平鲈消化酶活力的影响

Table 4 Effects of feeding stimulants on the digestive enzyme activity of *Sebastes schlegeli*

饲料号 Diet No.	肠蛋白酶活力 Proteinase in intestine (mU/mg protein)	肝脏蛋白酶活力 Proteinase in liver (mU/mg protein)	肠淀粉酶活力 Amylase in intestine (mU/mg protein)	肝脂肪酶活力 Lipase in liver (mU/mg protein)
0	3.73±1.14 ^a	7.05±1.43 ^a	41.2±5.6	1.68±0.61
1	2.06±0.83 ^b	3.56±1.71 ^b	40.6±3.5	1.77±0.33
2	2.89±0.54 ^b	7.14±1.89 ^a	42.9±1.2	1.89±0.12
3	3.56±1.26 ^a	7.23±0.82 ^a	39.6±2.3	1.64±0.14
4	4.02±0.55 ^a	7.89±0.99 ^a	43.1±1.9	1.71±0.41
5	3.48±1.06 ^{ab}	7.34±1.23 ^a	42.2±2.1	1.92±0.55

注:同一列上标字母不同差异显著($P<0.05$)

3 讨论

植物蛋白在水产饲料中最明显的缺点是适口性较差,使水生动物采食量明显下降,特别是在日粮中大量使用的时候,生长缓慢,饲料系数升高。在本实验的初始阶段,可以观察到豆粕替代组许氏平鲈游到水面或中上层来摄食配合饲料的个体较少,而全鱼粉组的个体到上层抢食配合饲料的较多,这说明以豆粕部分替代鱼粉后,会使饲料的适口性下降,从而影响了许氏平鲈的摄食,并进一步抑制了其生长。在豆粕替代饲料中添加一定的摄食促进物质,可以提高许氏平鲈的摄食率和特定生长率,尤其是添加甜菜碱和柠檬酸时,显著提高了豆粕替代组许氏平鲈的生长速度和饲料报酬,达到与全鱼粉组相同的效果。梁萌青等(2001)认为在饲料中添加摄食促进物质,可以使真鲷从饲料中摄取的营养物质较好地 向鱼体转换和储存。由此可见,添加摄食促进物质不仅提高了饲料的适口性,而且可间接改善饲料的生物学利用价值,提高饲料效率。

本实验中商业诱食剂的主要成分为核苷酸、丙氨酸和甘氨酸的复合物。据国内外有关研究报道,核苷酸与其他具有诱食活性的物质合用,能够产生更好的诱食效果。在以鱼粉或植物性原料为基础饲料中添加丙氨酸、丝氨酸、肌苷酸和甜菜碱后,可显著促进条纹鲈的摄食率和饲料转化率(Papatryphon *et al.* 2000,2001)。梁萌青等(2000)发现核苷酸、甘氨酸和丙氨酸以1:1:1的比例混合,其对真鲷有抑制作用。本试验发现使用含这3种物质复合物的商业诱食剂,对于许氏平鲈的摄食也无促进作用。这可能与鱼的品种、复合诱食剂中各组成的配比不同等有关。试验中还发现,DMPT、甜菜碱和柠檬酸对许氏平鲈均有良好的诱食性。其他研究者也证明这些摄食促进物质对养殖动物有显著诱食效果。DMPT由于对水产动物嗅觉神经具有强烈的兴奋刺激作用而被作为诱食剂应用于海水鱼、虾的养殖中,它在促进鱼虾摄食的同时,还能够提高饲料利用率以及促进鱼虾生长(Nakajima 1990,1992)。有机酸对水产动物具有良好的诱食效果。鱼类和其他水生生物组织的提取物中有丰富的有机酸、柠檬酸和乳酸可诱导罗非鱼和鲷类摄食(王安利等 2002)。甜菜碱又名甘氨酸三甲胺内盐,是一种季铵型生物碱。现已证实甜菜碱具有诱食和促生长效果,同时作为甲基供体有促进脂肪代谢、缓和应激反应、调节渗透压、稳定维生素和 提高饲料利用率等功能(阎锡柱 1997)。甜菜碱对塞内加尔鲷(Reig *et al.* 2003)、尼罗罗非鱼(阎锡柱等 1997)和南美白对虾(刘立鹤等 2003)等均有很好的诱食效果。

影响鱼类消化酶活性的因素有食性、季节变化、温度、pH和饲料等。合适的饲料添加剂也可提高鱼类消化酶的活性,而消化酶活性的提高又可促进鱼类对营养物质的消化吸收,进而促进鱼类的生长。消化酶活性的研究表明,不添加摄食促进物质组,许氏平鲈的肠和肝脏蛋白酶活力显著低于全鱼粉组,这与翘嘴红鲌(钱曦等 2007)、虹鳟(Krogdahl *et al.* 1994)的研究结果一致。豆粕影响鱼的消化是因为大豆中含有抗营养因子,如胰蛋白酶抑制因子(Escaffre *et al.* 1997)、大豆皂苷(Bureau *et al.* 1998)等,抑制了胰蛋白酶的活性。而在饲料中添加摄食促进物质,使许氏平鲈肠道和肝脏的蛋白酶活性明显提高,与全鱼粉组比较没有显著性差异。在长吻鮠(杨加琼 2006)和尼罗罗非鱼(阎锡柱等 1997)的饲料中添加适量的甜菜碱,会使肠道和肝胰脏的蛋白酶活力显著提高。薛飞等(2007)发现饲料中添加一定量的DMPT能够显著提高异育银鲫肠淀粉酶、蛋白酶以及脂肪酶活性。这说明摄食促进物质能够促进鱼类的嗅觉和味觉,刺激消化腺分泌更多的与蛋白质代谢相关的酶,从而有利于更好地消化植物蛋白含量高的饲料,促进生长。

参 考 文 献

- 王安利,苗玉涛,王维娜,胡俊荣. 2002. 水产动物诱食剂的研究进展. 中国水产科学,9(3):265~272
- 北京师范大学生化系. 1995. 基础生化实验. 北京:高等教育出版社
- 刘立鹤,郑石轩,郑献昌,徐焕新,周歧存. 2003. 饲料中添加不同诱食剂对南美白对虾生长和饲料消化的影响. 淡水渔业,33(5):12~15
- 杨加琼. 2006. 甜菜碱对长吻鮠鱼主要消化器官蛋白酶的影响. 饲料研究,11:42~44
- 钱曦,王桂芹,周洪琪,陈建明,叶金云,潘茜,王友慧. 2007. 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. 动物营养学报,19(2):182~187
- 阎锡柱. 1997. 鱼类饲料添加剂甜菜碱的作用及其机理. 饲料研究,(7):2~4

- 阎锡柱,邱岭泉. 1997. 饲料中添加甜菜碱对尼罗罗非鱼蛋白酶、淀粉酶活性的影响. 中国水产科学, 4(1):88~92
- 徐增洪,石文雷. 1997. 河蟹配合饲料添加诱食剂的研究. 淡水渔业, 27(2):10~12
- 梁萌青,于宏,常青,陈超,孙曙光. 2000. 不同诱食剂对3种鱼类诱食活性的影响. 中国水产科学,7(1):60~63
- 梁萌青,于宏,常青,陈超. 2001. 摄食促进物质对真鲷摄食和生长的影响. 中国水产科学, 8(4):58~61
- 潘鲁青,王克行. 1997. 中国对虾幼体消化酶活力的实验研究. 水产学报,21(1):26~31
- 薛飞,陈魏,周维仁,徐小明,刘涛. 2007. 饲料中添加二甲基- β -丙酸噻亭(DMPT)后异育银鲫肠消化酶的活性变化. 江苏农业学报, 23(2):114~118
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. Official methods of analysis of official analytical chemists international, 16th Ed. Association of Official Analytical Chemists Arlington, VA
- Boonyaratpalin, M., Suraneiranat, P., and Tulpibal, T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian sea bass, *Lates calcarifer*. Aquaculture, 161:67~78
- Bureau, D. P., Harris, A. M., and Cho, C. Y. 1998. The effects of purified alcohol extracts from soy products in feed intake and growth of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 161:27~43
- Escaffre, A. M., Infante, J. J. Z., Cahu, C. L., Mambrinia, M., Bergota, P., and Kaushika, S. J. 1997. Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. Aquaculture, 153:63~80
- Krogdahl, A., Lea, T. B., and Olli, J. 1994. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Comparative Biochemistry and Physiology A, 107:215~219
- Kubitza, F., Lovshin, L. L., and Lovell, R. T. 1997. Identification of feed enhancers for juvenile large mouth bass *Micropterus salmoides*. Aquaculture, 148:191~200
- Nakajima, K. 1990. Effect of feeding attractant, dimethyl- β -propiethetin on growth of marine fish. Nippon Suisan Gakkaishi, 56(7):1 151~1 154
- Nakajim, K. 1992. Activation effect of short term of dimethyl- β -propiethetin supplementation on goldfish and rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(8):1 453~1 458
- Papatryphon, E., Joseph, H., and Soares, Jr. 2000. The effect of dietary feeding stimulants on growth performance of striped bass, *Morone saxatilis*, fed a plant feedstuff-based diet. Aquaculture, 185:329~338
- Papatryphon, E., Joseph, H., and Soares, Jr. 2001. Optimizing the levels of feeding stimulants for use in high-fish meal and plant feedstuff-based diets for striped bass, *Morone saxatilis*. Aquaculture, 202:279~288
- Reigh, R. C., and Ellis, S. C. 1992. Effects of dietary soybean and fish meal protein ratios on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. Aquaculture, 104: 279~292
- Reig, L., Ginovart, M., and Flos, R. 2003. Modification of the feeding behaviour of sole (*Solea solea*) through the addition of a commercial flavor as an alternative to betaine. Aquat. Living Resour. 16:370~379