

红姑鱼日粮脂肪水平和脂肪酸比例与脂肪肝病关系研究

冯 健¹, 刘永坚¹, 刘栋辉¹, 田丽霞¹, 王明鹏²

(1. 中山大学水生经济动物研究所, 广东 广州 510275; 2. 广州番禺力加饲料科技有限公司, 广东 番禺 510120)

摘要 采用 9 种不同水平蛋白质与脂肪日粮饲养初始体质量约为 2.73 g 的红姑鱼(*Sciaenops ocellatus*), 研究了不同水平脂肪与脂肪酸比例与营养性脂肪肝病的关系。结果表明 (1) 红姑鱼各期生长率和存活率随着日粮脂肪含量增加而下降, 且不同脂肪含量日粮组间差异显著 ($P < 0.05$) (2) 红姑鱼肝胰脏脂肪含量与日粮脂肪水平成正比, 且不同脂肪含量日粮组间差异显著 ($P < 0.05$) 肝胰脏中 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸 (即 $n-3PUFA$) 的比例随着日粮脂肪含量增加而下降, 且不同脂肪含量日粮组间差异显著 ($P < 0.05$) 肝体比率随着日粮脂肪含量增加而上升 (3) 饲喂脂肪含量分别为 8%、12% 的 5 组日粮的红姑鱼从实验第 21 天起开始发病, 死亡, 病变程度与日粮脂肪水平成正相关。另外, 研究还发现, 饲喂 9 种不同水平的蛋白质和脂肪日粮的红姑鱼均引起营养性脂肪肝病, 且病变程度与死亡率随着日粮脂肪含量升高和肝胰脏中 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸比例减少而增加。红姑鱼日粮中 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸 20 : 5 $n-3$ 和 22 : 6 $n-3$ 含量减少可能是导致营养性脂肪肝病和死亡的主要因素。

关键词 红姑鱼(*Sciaenops ocellatus*) 脂肪肝 脂肪 脂肪酸

中图分类号: Q96 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2004)06-0028-04

红姑鱼 (*Sciaenops ocellatus*) 属于鲈形目石首鱼科, 拟石首鱼属, 90 年代初从美国引种入中国后, 逐渐成中国海水网箱养殖的主要品种之一。在我国广东和福建省养殖较多, 特别在广东湛江地区, 约有 30% 的海水网箱养殖红姑鱼。目前, 红姑鱼的养殖主要是投喂鲜杂鱼和部分海水鱼配合饲料。其主要原因之一是, 单纯饲喂海水鱼类人工配合饲料一段时间, 均会发生不同程度营养性脂肪肝病综合症, 严重时导致大量死亡。本研究的目的是, 观察饲喂不同水平脂肪和脂肪酸比例日粮的红姑鱼与营养性脂肪肝病的关系并初步探讨其发病机理。

1 材料与方法

1.1 试验日粮

试验日粮组成和日粮中脂肪酸组成见表 1 和表 2。试验日粮设计 3 个蛋白质水平 (38%, 42% 和 46%), 每一蛋白质水平设 3 个脂肪水平 (4%, 8% 和 12%), 共设计 9 组试验日粮 (表 1), 从组 1 至组 9 分别为低蛋低脂组 (1)、中蛋低脂组 (2)、高蛋低脂组 (3)、低蛋中脂组 (4)、中蛋中脂组 (5)、高蛋中脂组

(6)、低蛋高脂组 (7)、中蛋高脂组 (8) 和高蛋高脂组 (9)。饲料原料经粉碎过 40 目筛, 用双螺杆制粒机制成直径为 1.5 mm 的颗粒, 置于 -20 °C 冰箱中备用。

1.2 饲养管理

试验鱼平均初始体质量为 2.73 g, 在室内水泥池中暂养 7 d 后放养到室内的网箱 (2.5 m × 1.5 m × 1.3 m) 中, 每个网箱中放养 60 尾。每组饲料设 3 个重复, 每天投喂 2 次, 分别为 9 : 00 和 16 : 00, 投饲率为总体质量的 5% ~ 3%。每 3 周称体质量 1 次, 调整投饲量。每天 8 : 00 换水 1/3 并记录水温。饲养期间海水密度为 1.016 ~ 1.020, 水温 23.2 °C ± 2.0 °C, 溶解氧为 7.85 mg/L ± 0.21 mg/L, pH 7.6 ± 0.5, 氨氮为 0.2 mg/L ± 0.02 mg/L。饲养试验共 8 周, 结束后称体

收稿日期 2003-01-06, 修回日期 2003-05-21

作者简介 冯健 (1968-) 男, 四川成都人, 副教授, 博士, 现主要研究水生经济动物营养学与病理学, 电话: 020-84110789, 13926047530 E-mail: Fengjian08@163.com

表 1 试验日粮组成(%)

Tab.1 Composition of the experimental diets(%)

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9
鱼粉	32.0	39.4	47.0	33.0	40.5	47.9	33.5	41.2	48.9
豆粕	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
小麦	39.7	35.0	29.4	35.0	30.0	25.2	32.8	26.7	20.6
玉米油	-	-	-	2.62	1.98	1.33	5.90	5.25	4.60
鱼油	0.75	-	-	1.50	1.50	2.25	2.25	2.25	2.25
沸石粉	4.0	2.04	-	4.28	2.45	1.0	2.0	1.0	-
大豆磷脂	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
复合矿物盐	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
复合维生素	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vc 磷酸酯	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
胆碱	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
营养成分(实际测量值)									
蛋白质	39.37	42.49	46.78	38.25	42.60	46.35	38.06	42.74	46.30
脂肪	5.08	5.72	5.75	8.42	7.98	8.89	11.92	12.67	13.00
总糖	34.0	31.6	28.6	31.0	28.3	25.8	29.5	26.2	22.9
灰分	12.26	12.14	11.53	12.94	12.54	12.32	10.80	11.04	11.48
EAA	15.12	15.43	18.69	15.69	17.01	19.24	16.64	18.23	19.50
DE(J/g)	10572	11221	11623	11304	11702	12468	12323	13155	13641
DPE/DE	62.4	64.1	67.1	56.7	61.0	62.3	51.6	54.4	56.8
DE/DF	587.9	603.8	632.7	534.6	574.9	587.0	486.9	512.9	535.9

注:复合矿物盐(%):Ca(H₂PO₄)₂ 61.71, Na₂(HPO₄)₂ 4.20, NaCl 3.23, K₂SO₄ 16.38, KCl 6.58, FeSO₄ 1.07, 柠檬酸铁 3.83, MgSO₄ 4.42, ZnSO₄ 0.47, MnSO₄ 0.033, CuSO₄ 0.022, CrCl₂ 0.043, KI 0.022。

复合维生素(%):Inositol 2.22, VC 1.11, Calpanate 0.83, VB₁ 0.22, VB₂ 0.56, VB₆ 0.06, VK 0.06, Folic acid 0.02, VB₁₂ 0.012, VH₂ 0.006, VE 0.44, Cellulose 94.42。

DE 为可消化能(J/g):按蛋白质 16.747 6 J/g, 脂肪 33.494 4 J/g, 糖 6.698 9 J/g 计算; DPE/DE 为可消化蛋白能占可消化能之比例; DE/DF 为可消化能蛋白比(μg/J), 蛋白质消化率按 90% 计算。

表 2 实验各组日粮中脂肪酸组成(%)

Tab.2 The fatty acids content in experimental diets(%)

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18:3	2.9	2.2	2.4	2.5	2.3	2.3	2.1	2.2	2.0
20:5	11.9	14.3	13.2	8.9	7.9	10.7	5.5	6.2	7.7
22:6	10.9	12.5	12.0	7.8	7.7	9.8	6.2	6.5	7.4
ΣSFA	23.3	27.2	23.7	20.1	22.6	22.7	19.2	19.6	20.5
ΣMUFA	22.8	22.8	20.8	24.3	24.8	23.8	26.4	25.4	25.6
Σn-6PUFA	27.1	19.8	25.2	34.1	32.5	28.1	39.0	38.2	35.1
Σn-3 PUFA	24.7	28.0	27.6	19.2	17.9	22.8	13.8	14.9	17.1

质量取样。

1.3 样品采集和分析

饲养结束后每个网箱取 3 尾鱼烘干作全鱼样品;另取 5 尾鱼分别称质量,测量体长和全长,取内脏称质量计算躯体质量,取肝胰脏称质量计算肝体比后烘干作肝样品。肝脏和饲料脂肪含量测定采用甲缩醛

—甲醇法,脂肪酸测定采用甲醇钠直接酯化法制备脂肪酸甲酯混合物,并加入十七酸甲酯作为内标物进行气相色谱法分析(HP5890)。

1.4 数据分析

数据统计分析采用 Duncan's 多重比较法,显著水平采用 0.05。

2 结果

2.1 实验各组红姑鱼的相对生长率、成活率

实验各组红姑鱼的相对生长率、成活率见表3。

从表3可以看出,红姑鱼的相对生长率随着日粮蛋白质水平增加而上升,且不同蛋白质含量日粮组间有显著差异($P < 0.05$),而与日粮中脂肪含量无关。红姑鱼的成活率随着日粮脂肪含量增加而下降,且不同脂肪含量日粮组间有显著差异($P < 0.05$),表明日粮中蛋白质水平是影响红姑鱼生长的主要因素,而日粮中脂肪含量是影响红姑鱼成活率的主要因素,日粮中脂肪含量高是导致红姑鱼死亡的主要因素。

2.2 实验各组红姑鱼肝胰脏的肝体比、脂质含量和脂肪酸组成

表3 实验各组红姑鱼的相对生长率、成活率

Tab.3 The specific growth rates and survival rates in experimental groups

组别	初始体质量 (g)	末体质量 (g)	相对生长率 (%)	成活率 (%)
1	2.72	13.22	2.92 ^a	78.9 ^b
2	2.71	14.78	3.03 ^a	91.7 ^a
3	2.70	19.66	3.54 ^b	93.3 ^a
4	2.82	11.86	2.56 ^c	69.0 ^b
5	2.76	15.66	3.10 ^a	92.2 ^a
6	2.70	—	—	11.0 ^c
7	2.77	—	—	20.0 ^c
8	2.69	—	—	25.0 ^c
9	2.70	—	—	48.3 ^b

注:相对生长率(%)=[(试验结束体质量-试验初始体质量)/试验天数]×100;成活率(%)=(试验结束尾数/试验初始尾数)×100;同行数据右上角不同上标字母代表有显著差异($P < 0.05$);6,7,8,9组因在实验后期的存活率过低,其特定生长率表现数据未列出。

表4 实验各组红姑鱼的肝胰脏的肝体比、脂质含量、脂肪酸组成

Tab.4 hepatopancreas/body, fatty content in hepatopancreas, fatty acids content in hepatopancreas

组别	肝体比 (%)	脂质 (%)	脂肪酸(%)						
			18:3PUFA	20:5PUFA	22:6PUFA	ΣSUF	ΣMUFA	Σn-6PUFA	Σn-3PUFA
1	2.69 ^{ab}	16.59 ^a	2.8 ^a	5.6 ^a	4.9 ^a	25.8 ^a	29.5 ^a	28.6 ^b	13.3 ^a
2	2.41 ^b	22.42 ^b	2.3 ^a	3.9 ^b	4.7 ^a	28.8 ^a	29.2 ^a	28.5 ^a	10.9 ^a
3	2.18 ^b	21.21 ^{ab}	2.4 ^a	5.3 ^a	3.5 ^{ab}	29.8 ^a	32.0 ^a	24.2 ^a	11.2 ^a
4	2.53 ^b	28.02 ^c	0.9 ^b	2.3 ^c	2.2 ^b	20.2 ^b	26.2 ^a	47.2 ^b	5.4 ^b
5	2.15 ^b	31.72 ^c	0.9 ^b	2.6 ^c	1.8 ^b	23.5 ^{ab}	26.9 ^a	41.9 ^b	6.4 ^b
6	2.40 ^b	—	0.9 ^b	3.3 ^b	2.5 ^b	24.1 ^{ab}	27.5 ^a	40.5 ^b	6.7 ^b
7	3.42 ^c	—	0.8 ^b	3.0 ^{bc}	2.4 ^b	21.7 ^a	26.7 ^a	45.3 ^b	6.2 ^b
8	2.72 ^{ab}	—	1.6 ^c	1.4 ^d	2.3 ^b	21.6 ^a	49.6 ^b	22.6 ^a	5.3 ^b
9	2.48 ^b	40.43 ^d	1.0 ^b	1.0 ^d	2.4 ^b	21.6 ^a	53.9 ^b	19.1 ^a	4.4 ^b

注:同一行数据右上角不同上标字母代表有显著差异($P < 0.05$)

实验各组红姑鱼的肝胰脏的肝体比、脂质含量,脂肪酸和日粮中脂肪酸组成见表4。

从表4可以看出,各组红姑鱼的肝体比随着日粮脂肪水平升高有增大趋势,尤以高脂低蛋白组(7)最明显。肝胰脏脂肪含量随着日粮脂肪水平升高而增加,且不同脂肪水平日粮组间的红姑鱼肝胰脏脂肪含量有显著性差异($P < 0.05$)。肝胰脏中脂肪酸含量分析表明n-3系列多不饱和脂肪酸比例随日粮脂肪水平升高而降低,且低脂日粮组较中、高脂日粮组间的红姑鱼显著性差异($P < 0.05$),中、高脂日粮组仅有低脂日粮组的40%~50%。

3 讨论

在饲以人工配合饲料的淡水鱼和海水鱼中,由日粮营养不平衡所引起的脂肪肝病是造成鱼类发病或死亡的重要原因之一。由营养不平衡的人工配合饲料所造成的养殖鱼类“脂肪肝”病主要病因为(1)摄入过量的糖物质(2)摄入过量的脂肪(3)参与脂肪代谢的磷脂或蛋白质缺乏。使肝脏内广泛的肝细胞内堆积大量脂肪,引起肝细胞变性、坏死,导致肝功能下降甚至衰竭^[5]。本实验结果表明,各组人工配合日粮均会引起幼龄红姑鱼的肝胰脏脂肪含量明显增加,肝胰脏中脂肪含量较单纯饲喂传统冰杂鱼(4%左右)高4~10倍。导致出现程度不同的脂肪肝病。这可能与日粮能量水平过高有关,也与日粮中蛋白质含量有关,因为在日粮中未添加脂肪,日粮脂肪含量很低(4%)时,也会发生脂肪肝病。但实验中红姑鱼肝脂肪含量和脂肪肝病发病、死亡率的严重程度与日粮脂肪水平密切相关。当日粮脂肪水平低时,发病率与死亡率较低。随着日粮中脂肪水平升高,发病率与死亡率明显升高。因此,日粮中脂肪含量过高是引起红姑鱼脂肪肝病的主要原因。

在鱼类日粮中提高脂肪的含量,可有效降低日粮蛋白质的含量,对保证鱼类健康生长,降低生产成本有重要意义。大量实验表明,三文鱼等养殖海水鱼对日粮脂肪利用可达 15% ~ 30%,明显降低饲料中优质鱼粉的用量,节约生产成本,提高了养殖海水鱼的品质^[1,2]。但在本实验中,红姑鱼对日粮中脂肪利用确相当低下。这可能与日粮脂肪中和红姑鱼肝胰脏中 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 比例低有关。由于日粮和红姑鱼肝胰脏中 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 比例低,使肝脏合成参与脂肪代谢的磷脂能力下降,大量从日粮中吸收的脂肪和由蛋白质转化的脂肪在肝细胞内沉积而无法利用或输送到肝外组织中储存,严重时导致肝胰脏功能减退,甚至衰竭。大量实验表明,海水鱼由于不能利用单不饱和脂肪酸(MUFAs), $n-6$ 系列多不饱和脂肪酸($n-6$ PUFAs)和 $n-3$ 多不饱和脂肪酸($n-3$ PUFA)中的 C18-3 n 脂肪酸合成必需脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 。而海水鱼对必需脂肪酸缺乏似乎比淡水鱼更加敏感。在必需脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 缺乏时,表现为幼鱼高死亡率,肝胰脏肿大、苍白与肝细胞脂肪变性、坏死,与本实验结果相似^[3,4,5]。在对海水鱼人工日粮配制中, $n-3$ 系列多不

饱和脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 的充足供给是十分重要的,应在红姑鱼日粮配制中引起高度重视。同时也证实,在红姑鱼日粮中不宜过多添加缺乏 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 的植物油脂,而应添加富含 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸 20:5 $n-3$ 和 22:6 $n-3$ 的鱼油。

参考文献:

- [1] Argent J, McEvoy L. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and further direction[J]. *Aquaculture*, 1999, **179**(4): 217-229
- [2] Ulati S K, Ashes L R. Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and their incorporation fat[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1999, **79**(15): 57-64.
- [3] Rainuzzo J, Reitan K. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review[J]. *Aquaculture*, 1997, **155**(2): 103-115.
- [4] Sargent J, Bell G. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish[J]. *Aquaculture*, 1999, **177**(2): 191-199.
- [5] Halver J E. Fish Nutrition(second edition)[M]. London: Academic Press, 1988. 185-200.

Relationship between dietary lipid levels and proportion of Lipid acids on fatty liver disease in juvenile *Sciaenops ocellatus*

FENG Jian¹, LIU Yong-jian¹, LIU Dong-hui¹, TIAN Li-xia¹, WANG Ming-peng²

(1. Institute of Aquatic Animal, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. Lilia Feed Ltd, Panyu 510120, China)

Received: Jan., 6, 2003

Key words: *Sciaenops ocellatus*; fatty liver disease; lipid acids; fat

Abstract: The relationship of lipid levels and kind of lipid acids on fatty liver disease was studied in juvenile *Sciaenops ocellatus*. Juvenile fish whose initial mean weight was 2.73 g were randomly distributed in 27 nets (2.5 m × 1.5 m × 1.3 m) and were fed test diets containing gradual protein levels (38%, 42%, 46%) and lipid levels (4%, 8%, 12%) for 8 weeks. It was found: (1) the relative growth rates (RPR), survival rate (SR) were significantly lower in fish fed high lipid diets (12%) compared with those fed medium lipid diets (8%) and low lipid diets (4%) ($P < 0.05$); (2) the content of lipid in hepatoopancreas were significantly higher in fish fed high lipid diets (12%) with those fed medium lipid diets (8%) and low lipid diets (4%) ($P < 0.05$), the rate of 3- n polyunsaturated fatty acids (3-PUFA) in liver-pancreas were significantly lower and in the fish fed high lipid diets (12%) than those fed medium lipid diets (8%) and low lipid diets (4%) ($P < 0.05$); (3) the fish in five groups fed medium lipid diet (8%) and high lipid diet (12%) experienced illness and death from the 3rd week. The different levels of illness in fish showed a positive relationship with the content of lipids in the diet. The results showed that fatty liver disease in juvenile *Sciaenops ocellatus* had a close relationship with the content of lipids in the diet and a rate of 3-PUFA in hepatoopancreas. Low rates of 3-PUFA in hepatoopancreas was the main cause of illness and death in juvenile *Sciaenops ocellatus*. (本文编辑:刘珊珊)