

# 饲料中氧化鱼油对真鲷幼鱼生长、存活及脂肪酸组成的影响

高淳仁 雷霖霖

(中国水产科学院黄海水产研究所, 青岛 266071)

**摘要** 通过对饲料中添加氧化程度不同的鱼油, 研究氧化鱼油对真鲷幼鱼生长、存活及肌肉和肝组织中脂肪酸组成的影响。结果表明, 饲料中过氧化物比游离脂肪酸对真鲷幼鱼生长和存活的影响更显著。随着饲料中过氧化值的增高, 真鲷幼鱼的增重率和存活率均下降, 并且脂肪酸组成与饲料中脂类的氧化程度有关。实验得出了真鲷幼鱼增重率与饲料中脂类 POV 值的线性关系式。真鲷幼鱼摄取氧化鱼油后, 其肝组织中过氧化物积累程度与饲料脂质氧化程度呈正相关。

**关键词** 真鲷, 幼鱼, 氧化鱼油, 生长, 存活, 脂肪酸

**中图分类号** S963.16

现代营养学研究表明, 脂肪不仅是能量的来源, 而且脂肪中的高不饱和脂肪酸是鱼类生长发育不可缺少的物质, 它还是构成体脂的重要物质, 在海洋生物磷脂反应中起重要作用。研究发现, 脂类的营养价值在很大程度上取决于不饱和脂肪酸的类型和含量[庄健隆 1987], 饲料中含有的多不饱和脂肪酸(PUFA)是动物必需的脂肪酸, 但多不饱和脂肪酸很易受光、氧、热、金属离子等因素的影响而氧化, PUFA 氧化可产生大量的化学物质包括游离原子团、过氧化物、氢氧化物、醛、酮等, 这些活性化合物与饲料中的蛋白质、维生素或其他脂肪作用会使饲料的营养价值或消化利用率降低。鲤摄食含有氧化酸败的饲料时, 生长不好, 肌肉营养不良, 对脂肪的吸收少, 死亡率高[洪平 1995]。在鲟研究中也观察到, 如果鲟摄食氧化酸败饲料, 其生长减慢、肝肿大, 脂肪沉积少。红鲟摄食含有氧化的饲料, 鱼肝中维生素 E 含量下降[Park 1978]。真鲷(*Pagrus major*)是我国沿海各省市养殖的主要鱼种之一, 也是名贵的经济鱼类。近年来, 真鲷养殖业发展迅速, 人工配合饵料需求日益增高, 而饵料质量尤其是饲料中脂类质量控制显得越来越重要。本文主要研究饲料中氧化鱼油对真鲷幼鱼生长、存活和脂肪酸组成及肝脏中过氧化物的积累的影响, 为饲料中脂类质量的控制提供参考。

## 1 材料与方方法

人工育苗的真鲷幼鱼取自黄海水产研究所青岛实验基地。首先将幼鱼暂养在5m<sup>3</sup>的水泥池中, 投喂人工配合饵料使其适应实验饵料。三天后挑选大小相近的幼鱼用于实验。

用10个0.2m<sup>3</sup>的玻璃钢水槽, 每个放鱼15尾, 水槽内盛满海水(温度16~24℃; 盐度30~

33; pH 8.1~8.2; 流速1.5L/m)。每日吸污1次,水槽内24h 充气。幼鱼每日投喂2次,投喂量根据幼鱼摄食活跃程度而定(Papa paraskeva-Pagousoylou 1986)。试验期为35天。

饲料配方设计中,配置的各组饲料基本组成设定一致,每组添加相同量氧化程度不同鱼油,氧化鱼油为鱼油在不同条件下氧化制得。饲料的基本组成见表1;各组饲料中脂质酸值、过氧化值见表2。

按饲料中添加不同程度的氧化鱼油分为4组,并设对照组,每组幼鱼随机分组,每组两平行。

常规项目分析时蛋白质含量,微量凯式定氮法;脂肪含量,索式抽提法;过氧化值,硫代硫酸钠滴定法;水分,105℃恒温干燥法;灰分,550℃灰化法;酸值,氢氧化钾滴定法。

饲料及鱼体中脂肪酸分析用脂肪的提取,用氯仿:甲醇(2:1)的混合试剂将饲料、鱼体及肝脏中的脂肪浸提,静置分层,下层用旋转蒸发器将有机溶剂蒸出。

脂肪酸分析,将氯仿浓缩液约0.5mL 置于酯化管内,加1mL NaOH-CH<sub>3</sub>OH 溶液于沸水浴中皂化10min,再加1mLBF<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH(1:1)溶液于沸水浴中酯化3min,迅速冷却后,加1mL 石油醚,快速振摇分层后,取上清液供气相色谱分析。

气相色谱式作条件:色谱柱为毛细管柱(25m×0.32mm),固定液为SP-2330;进样口温度250℃;柱温190℃;检测器为氢火焰离子检测器(FID);载气为N<sub>2</sub>,流速50ml/min。

真鲷幼鱼肝脏中过氧化物的测定(MDA)采用硫代巴比妥酸比色,以1,1,3,3-四乙氧基丙烷为标准品[向荣 1990,Ohkawa 1979]。

## 2 结果

### 2.1 实验饵料化学组成及脂肪酸成分

过氧化值是衡量氧化过程的重要指标,酸值表示油脂中游离脂肪酸含量的多少。由表2可

表1 实验饵料组成(%)

Tab. 1 Composition of experimental diets(%)

成 分		成 分	
脱脂鱼粉	51.0	混和无机盐	2.0
酪蛋白	15.0	胆固醇	0.9
糊精	10.0	维生素E	0.1
混合维生素	5.0	羧甲基纤维素	5.0
鱼油	10.0	纤维素	5.0

表2 饲料中过氧化值和酸值分析结果

Tab. 2 Analytical results for POV and acid value in diets

项 目	饵 料 号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对照
过氧化值(meq/kg)	10.0	19.6	31.8	42.6	3.2
酸值	8.0	20.8	18.8	20.6	<1

表3 实验饵料基本组成(%)

Tab. 3 Composition of test diets(%)

项 目	饵 料 号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对照
蛋白质	40.57	40.88	40.37	40.76	40.10
脂肪	10.0	10.5	10.5	10.0	10.2
灰分	6.3	6.9	7.2	6.9	7.1
水分	36.25	35.75	35.91	36.01	35.96

表4 实验饵料中脂肪酸组成(%)

Tab. 4 Composition of fatty acid in test diets(%)

脂肪酸	饵 料 号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对照
C <sub>14:0</sub>	7.32	7.53	7.43	7.68	7.46
C <sub>16:0</sub>	14.26	14.32	14.55	14.76	14.33
C <sub>16:1ω7</sub>	8.76	8.66	8.83	9.30	8.85
C <sub>18:0</sub>	1.85	1.78	1.92	1.93	1.89
C <sub>18:1ω9</sub>	12.47	12.55	13.69	12.81	12.71
C <sub>18:2ω6</sub>	8.48	8.52	8.63	8.77	8.66
C <sub>18:3ω3</sub>	2.20	2.32	2.42	2.55	2.37
C <sub>18:4ω3</sub>	2.05	2.15	2.30	2.23	2.25
C <sub>20:1ω9</sub>	4.48	4.66	4.75	4.72	4.57
C <sub>20:4ω6</sub>	0.58	0.67	0.32	0.55	0.59
C <sub>20:4ω3</sub>	0.50	0.45	0.44	0.51	0.53
C <sub>20:5ω3</sub>	7.48	7.49	7.53	7.17	7.36
C <sub>22:1ω11</sub>	5.39	5.21	5.33	5.22	5.18
C <sub>22:4ω6</sub>	0.21	0.32	0.31	0.37	0.26
C <sub>22:5ω3</sub>	0.59	0.77	0.69	0.72	0.57
C <sub>22:6ω3</sub>	15.58	15.21	15.33	14.31	15.55
∑SFA	23.43	23.63	23.90	24.37	23.68
∑MUFA	31.10	31.08	31.43	32.05	31.31
∑PUFA-ω <sub>6</sub>	9.27	9.51	9.26	9.69	9.51
∑PUFA-ω <sub>3</sub>	28.40	28.39	27.71	27.49	28.63

见,实验 F<sub>1</sub>组和对照组酸值分别为8和低于1,实验 F<sub>2</sub>组、F<sub>3</sub>组、F<sub>4</sub>组饲料中脂类酸值在18.8~20.8,过氧化值各组差异较大。表3为各组饵料的化学组成,由表3可见,各组实验饵料蛋白质、脂肪、灰分、水分含量基本一致。表4列出各组饵料脂肪酸组成,各组饵料中 $\sum$ PUFA- $\omega_3$ 约占总脂的28%~29%, $\sum$ SFA为23%~24%, $\sum$ MUFA约为31%~32%, $\sum$ PUFA- $\omega_6$ 含量约为9%~10%。

## 2.2 生长与存活

表5列出各组真鲷幼鱼生长及存活情况。除对照组外 F<sub>1</sub>组增重率最高为55.19%,其次为 F<sub>2</sub>组、F<sub>3</sub>组, F<sub>4</sub>组最低为40.73%。由成活率来看,真鲷幼鱼饲喂含氧化鱼油的饲料后,其成活率有明显的变化,且依据添加鱼油的氧化程度成明显递减的趋势。最低 F<sub>4</sub>组成活率仅为72.00%。这一结果表明,饲料中鱼油的质量(氧化程度)对真鲷幼鱼生长及存活率具有重要的影响。实验发现,摄食含有过氧化值较高的饲料的幼鱼,其摄食不活跃,对外界刺激反应迟缓。

表5 真鲷幼鱼生长情况(35天)

Tab. 5 Growth gain of Seabream fed diets containing oxidized fish oils (35 days)

项目	饵料号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对照
始重(g)	4.82±0.43	4.94±0.32	4.86±0.50	4.91±0.20	4.84±0.36
终重(g)	7.48±0.57	7.42±0.69	7.19±0.49	6.19±0.46	7.60±0.65
增重率(%)	55.19	50.20	47.94	40.73	57.02
成活率(%)	96.67	90.00	86.67	72.00	100.0

## 2.3 真鲷幼鱼肌肉及肝组织中脂肪酸组成

实验结束各组真鲷幼鱼肌肉中脂肪酸组成见表6,肝组织中脂肪酯组成见表7。由表6可见,真鲷幼鱼肌肉组织中,饱和脂肪酸主要是棕榈酸(C<sub>16:0</sub>)和硬脂酸(C<sub>18:0</sub>),其含量顺序为 C<sub>16:0</sub>>C<sub>18:0</sub>>C<sub>14:0</sub>>C<sub>12:0</sub>,单烯不饱和脂肪酸主要是 C<sub>16:1 $\omega$ 7</sub>、C<sub>18:1 $\omega$ 9</sub>、C<sub>18:1 $\omega$ 7</sub>、C<sub>20:1 $\omega$ 9+ $\omega$ 11</sub>和 C<sub>22:1 $\omega$ 9+ $\omega$ 11</sub>,其含量顺序为 C<sub>18:1 $\omega$ 9</sub>>C<sub>16:1 $\omega$ 9</sub>>C<sub>18:1 $\omega$ 7</sub>>C<sub>20:1 $\omega$ 9+ $\omega$ 11</sub>>C<sub>22:1 $\omega$ 9+ $\omega$ 11</sub>, $\omega_6$ 系多不饱和脂肪酸主要是亚油酸(C<sub>18:2 $\omega$ 6</sub>), F<sub>4</sub>组鱼体肌肉中亚油酸含量与其他各组相比最低。 $\omega_3$ 系多不饱和脂肪酸主要是 DHA(C<sub>22:6 $\omega$ 3</sub>)和 EPA(C<sub>20:5 $\omega$ 3</sub>),其含量顺序为 C<sub>22:6 $\omega$ 3</sub>>C<sub>20:5 $\omega$ 3</sub>>C<sub>22:5 $\omega$ 3</sub>; C<sub>20:4 $\omega$ 3</sub>、C<sub>18:4 $\omega$ 3</sub>、C<sub>18:3 $\omega$ 3</sub>和 C<sub>16:3 $\omega$ 3</sub>含量较低。F<sub>4</sub>组中 EPA 和 DHA 较对照组有明显下降。为比较各组幼鱼肌肉及肝组织中 $\sum$ SFA、 $\sum$ MUFA、 $\sum$ PUFA- $\omega_6$ 、 $\sum$ PUFA- $\omega_3$ 的变化情况作直方图,结果见图1和图2。由图1可以直观的看出,饲料中鱼油的氧化程度对真鲷幼鱼肌肉组织中脂肪酸 $\sum$ SFA、 $\sum$ MUFA、 $\sum$ PUFA- $\omega_6$ 和 $\sum$ PUFA- $\omega_3$ 的一定影响, F<sub>4</sub>组鱼体肌肉中 $\sum$ SFA和 $\sum$ MUFA高于 F<sub>1</sub>组、F<sub>2</sub>组和 F<sub>3</sub>组幼鱼肌肉组织中 $\sum$ SFA、 $\sum$ MUFA;而 $\sum$ PUFA- $\omega_6$ 和 $\sum$ PUFA- $\omega_3$ 却呈下降趋势。比较各组肝脏中脂肪酸组成可看出,随饲料中 POV 值的升高,各组幼鱼肝脏脂肪中 $\sum$ SFA较对照组有上升趋势, F<sub>2</sub>组、F<sub>3</sub>组和 F<sub>4</sub>组幼鱼肝脏中 $\sum$ MUFA较对照组略有下降, F<sub>1</sub>组幼鱼肝脏中 $\sum$ MUFA与对照组相近, F<sub>4</sub>组幼鱼肝脏中 $\sum$ PUFA- $\omega_6$ 较对照组略高,其他各组与对照组持平,而 F<sub>4</sub>组幼鱼肝脏中 $\sum$ PUFA- $\omega_3$ 较对照组下降。

表6 鱼肌肉总脂中脂肪酸组成

Tab. 6 Fatty acid composition of total-lipid in fish muscle

脂肪酸	饵料号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对照
C <sub>14:0</sub>	7.32	7.53	7.43	7.68	7.46
C <sub>12:0</sub>	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05
C <sub>14:1</sub>	4.56	4.78	4.32	4.55	4.52
C <sub>16:0</sub>	18.77	18.89	18.51	18.98	18.82
C <sub>16:1ω7</sub>	7.11	7.29	7.45	7.40	7.20
C <sub>16:2ω6</sub>	1.53	1.86	1.73	1.65	1.49
C <sub>16:2ω4</sub>	0.78	0.92	0.88	0.85	0.84
C <sub>16:3ω3</sub>	0.55	0.49	0.51	0.60	0.53
C <sub>18:0</sub>	8.75	8.81	8.76	8.92	8.71
C <sub>18:1ω9</sub>	17.66	20.11	18.21	17.84	17.89
C <sub>18:1ω7</sub>	3.93	4.31	4.03	6.87	4.03
C <sub>18:2ω6</sub>	6.23	4.59	5.25	3.13	6.01
C <sub>18:3ω3</sub>	0.82	0.65	0.76	0.53	0.76
C <sub>18:4ω3</sub>	0.24	0.27	0.30	0.31	0.30
C <sub>20:1ω9+ω11</sub>	2.88	2.69	2.96	2.78	2.81
C <sub>20:4ω6</sub>	1.95	1.92	1.85	1.76	1.89
C <sub>20:4ω3</sub>	0.50	0.55	0.67	0.63	0.56
C <sub>20:5ω3</sub>	4.85	4.52	4.39	4.12	4.92
C <sub>22:1ω9+ω11</sub>	—	1.23	1.33	1.27	0.50
C <sub>22:5ω3</sub>	0.80	1.21	1.27	1.69	1.03
C <sub>22:6ω3</sub>	14.43	14.05	14.00	12.96	14.59

表7 幼鱼肝脏中总脂脂肪酸组成

Tab. 7 Fatty acid composition of total-lipid in fish livers

脂肪酸	饵料号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对照
C <sub>14:0</sub>	7.32	7.53	7.43	7.68	7.46
C <sub>12:0</sub>	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05
C <sub>14:1</sub>	3.26	3.75	3.55	3.89	3.29
C <sub>16:0</sub>	21.22	23.55	22.49	23.03	21.15
C <sub>16:1ω7</sub>	6.48	5.43	5.92	6.35	6.33
C <sub>16:2ω6</sub>	1.03	1.22	0.95	1.25	1.15
C <sub>16:3ω3</sub>	0.52	0.44	0.53	0.57	0.50
C <sub>18:0</sub>	8.76	8.39	9.57	9.36	8.70
C <sub>18:1ω9+ω7</sub>	23.55	22.12	21.95	22.02	23.25
C <sub>18:2ω6</sub>	9.22	8.75	8.96	9.31	8.97
C <sub>18:3ω3</sub>	0.54	0.76	0.59	0.67	0.62
C <sub>18:4ω3</sub>	0.55	0.52	0.41	0.33	0.56
C <sub>20:1ω9+ω11</sub>	1.17	1.33	1.25	1.04	1.23
C <sub>20:2ω6</sub>	0.27	0.33	0.26	0.29	0.31
C <sub>20:4ω6</sub>	1.53	1.71	1.78	1.90	1.45
C <sub>20:4ω3</sub>	0.87	1.03	0.92	1.22	0.93
C <sub>20:5ω3</sub>	3.69	3.63	3.54	3.11	3.67
C <sub>22:1ω9+ω11</sub>	1.15	1.23	1.17	1.50	1.20
C <sub>22:5ω3</sub>	0.81	0.72	0.84	0.89	0.85
C <sub>22:6ω3</sub>	5.73	5.55	5.32	5.05	5.82

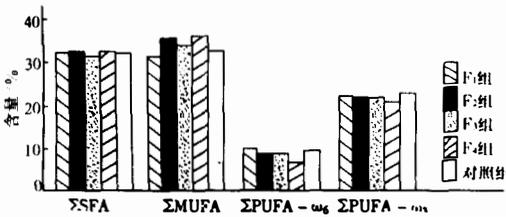


图1 真鲷幼鱼肌肉中脂肪酸比较  
Fig. 1 Composition of fatty acid in fish muscle

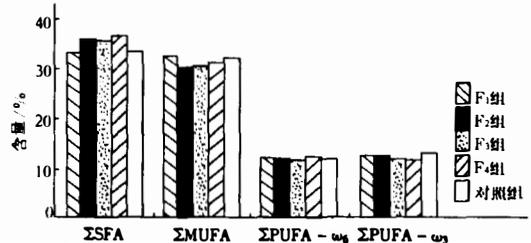


图2 真鲷幼鱼肝脏中脂肪酸比较  
Fig. 2 Composition of fatty acid in the fish livers

2.4 真鲷幼鱼肝脏中过氧化脂质含量

真鲷幼鱼肝脏中过氧化脂质含量与饲料中鱼油的氧化程度有关(表8),与对照组相比,F<sub>3</sub>组与F<sub>4</sub>组肝脏组织中TBA值升高显著(p<0.05),结果表明,真鲷幼鱼摄食含有过氧化值较高的饲料后,其肝组织中过氧化脂质含量增加,外源性过氧化物的摄入加速了真鲷幼鱼肝脏中过氧化物的积累。

表8 真鲷幼鱼肝脏中过氧化脂质含量的TBA值  
Tab. 8 Content of peroxide lipid in Seabream livers of TAB values

项 目	饵 料 号				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	对 照
TAB(nmol/mg)	0.67±0.23	0.78±0.19	1.01±0.22	1.06±0.15	0.47±0.17

注: F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>与对照组相比,  $p < 0.05$ 。

### 3 讨论

鱼油中含有甘油酯、磷脂及游离脂肪酸[Urdahl 1992, Bimbo 和 Growther 1992, Liu 和 Petersen 1997], 由于鱼油中多不饱和脂肪酸含量高, 且脂肪酸的不饱和度高, 极易氧化。脂质过氧化是脂质中不饱和脂肪酸降解的链反应过程, 由启动、延伸、终止三个阶段组成, 脂质过氧化的延伸阶段产生多种自由基如脂过氧化自由基 LOO·, 脱氧自由基 LO· 和脂自由基 L·。终止阶段产生多种小分子产物(醛、酮等)。氢过氧化物(Hydroperoxides, HPO)是一级氧化毒物(Hung 和 Slinger 1981, Oberbach 等 1989), 虽然一些动物肠壁可吸收 HPO, 但 HPO 对鱼类生长状况有影响(Koshio 等 1994)。本试验采用特定条件将鱼油氧化, 因此实验所用鱼油含有一些氧化产物。由各组实验饵料脂肪酸组成分析可知, 对照组、F<sub>1</sub>组、F<sub>2</sub>组、F<sub>3</sub>组的  $\sum$ SFA 均在 23% 左右, F<sub>4</sub>组略高为 24.3%。比较各组  $\sum$ MUFA 含量可以发现, 对照组、F<sub>1</sub>组、F<sub>2</sub>组、F<sub>3</sub>组均在 31%, F<sub>4</sub>组略高为 32.05%。 $\sum$ PUFA- $\omega_6$  各组差异不大。 $\sum$ PUFA- $\omega_3$  含量顺序为对照组 F<sub>1</sub>组 > F<sub>2</sub>组 > F<sub>3</sub>组 > F<sub>4</sub>组, 其变化范围在 27.4%~28.63% 之间。各组饲料中含有脂肪类型与含量相近, 可满足鱼类生长所需的脂肪酸需求。

从添加于各组饲料中鱼油 POV 和 AV 值的分析结果来看, 对照组的 POV 值最低, 其他各组 POV 值依次为 F<sub>1</sub>组 < F<sub>2</sub>组 < F<sub>3</sub>组 < F<sub>4</sub>组, 酸值也是对照组最低, 其他各组酸值大小依次为 F<sub>1</sub>组 < F<sub>2</sub>组 < F<sub>3</sub>组 < F<sub>4</sub>组。表3中各实验饵料基本成分分析表明, 各组饵料营养成分含量水平相近, 因此实验结果主要由饵料中鱼油的氧化差异造成。

实验结果显示, 当饵料中脂质为 31.8meq/kg (F<sub>3</sub>组) 时, 真鲷幼鱼的死亡率为 13.33%, 当饵料中脂质为 42.6meq/kg (F<sub>4</sub>组) 时, 真鲷幼鱼的死亡率为 28%。F<sub>2</sub>组和 F<sub>4</sub>组饲料中脂质酸值相近, 但 POV 值明显不同, 比较 F<sub>2</sub>组和 F<sub>4</sub>组幼鱼生长状况可以发现, F<sub>4</sub>组比 F<sub>2</sub>组增长率及存活率均明显下降, 说明饵料中过氧化物比游离脂肪酸对真鲷幼鱼生长、存活的影响更显著。图3

示出 POV 值与真鲷幼鱼增重率的线性关系 ( $r = 0.983$ ), 其公式为  $WT. Gain (\%) = 58.71 - 0.3965POV$ , 随着脂类氧化程度的增高, 真鲷幼鱼增重明显下降。Muraid 等(1988)给鲷喂以 POV 值为 26meq/kg 油脂的饲料时, 出现 23% 的死亡率, 并且生长缓慢; Sakai 等(1992)以同一

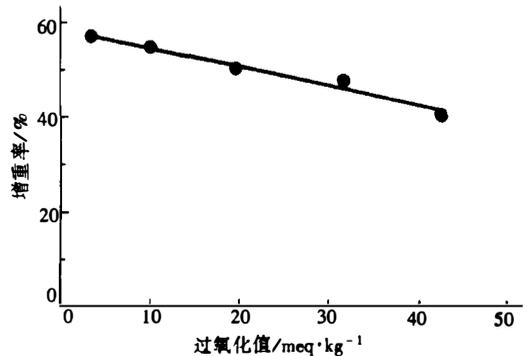


图3 真鲷幼鱼增重率与过氧化值的关系

Fig. 3 Linear regression of the wt rate of seabream against analyses of oxidative rancidity of diets

鱼种实验,发现饲料中油脂 POV 值达100meq/kg 时,该鱼种的死亡率却较低。Hung(1981)以饲料油脂 POV 值为6~15meq/kg 喂以虹鳟发现,鱼的死亡率及增重率无明显增加。Oberbach(1989)以 POV 值高达550meq/kg 混合的鱼油和菜子油喂养虹鳟发现,尽管其增重未明显减少,但死亡率较高。因此不同养殖种类对脂质氧化的耐受程度不同。食用 POV 值较高的饲料的动物生长缓慢,其原因是脂肪酶活性下降而致其对甘油类消化能力减弱[Marque-Ruiz, 1992]。

实验结果表明,喂养 POV 值不同饵料的真鲷幼鱼,其体内脂肪含量相差不大,但脂肪酸组成含量却与饵料中脂类的氧化程度有关,饵料中 POV 值最高的 F<sub>4</sub>组其肌肉中脂肪酸的  $\sum$ MUFA 较对照组上升,而  $\sum$ PUFA- $\omega_6$ 和  $\sum$ PUFA- $\omega_3$ 较对照组明显下降,这种差异可能是由于脂肪酶活力下降而致真鲷幼鱼对高度不饱和脂肪酸吸收能力减弱。由于长链多不饱和脂肪酸是幼鱼中细胞膜、磷脂的重要组成部分,其长链多不饱和脂肪酸的减少将影响细胞中膜脂流动、物质转运、细胞功能等一系列生化活动。

动物的抗氧化酶类主要存在于肝和红细胞中,是机体重要的抗氧化防御系统,如果该组织脂质过氧化加重,说明自身抗氧化活性受到干扰。将对机体过氧化脂质代谢和自由基的清除产生直接影响。肝、血清 LPO 的变化是反应机体抗氧化能力的敏感性指标。表7的结果说明,真鲷幼鱼摄取氧化油脂后,其肝组织中过氧化物积累增加,其积累程度与饲料中脂质氧化程度呈正相关。此结果与关屋朝裕等用褐变鱼粉喂养鲈引起肝过氧化脂质升高结果相似[关屋朝裕等 1994]。因此外源性氧化酸败脂质与鱼体脂质氧化作用密切相关,饲料脂质过氧化程度直接影响幼鱼体内过氧化脂质的积累水平,当过氧化脂质积累到一定程度时,可导致幼鱼患病,甚至死亡。有关病理学研究发现,一些炎症疾病如鲤鳃炎病等与体内过氧化脂质、自由基产生有关[Nemcsó 和 Vig 1993]。

## 参 考 文 献

- 向 荣. 1990. 过氧化脂质硫化巴比妥酸分光光度法的改进. 生物化学与生物物理进展, 17(13):241
- 庄健隆. 1987. 虾类对高度不饱和脂肪酸的需求. 中国水产(台). (12):23~25
- 洪 平. 1995. 影响水产饲料品质之非配方因素—鱼虾营养研究进展. 广州:中山大学出版社. 379~390
- 关屋朝裕,村田寿,境正. 1994. ワリ组织中2-チロバルビシール酸値およびa-トコワノエール含量に及ぼす饲料鱼粉の品质の影響, 日本水产学会志. 60(4):505~508
- Bimbo A P, Growther J B. 1992. Fish meal and oil ;Current uses. J Am Oil Chem Soc, 69:221~227
- Hung S S O, Slinger S J. 1981. Studies of chemical methods for assessing oxidative quality and storage stability of feeding oils. J Am oil Chem Soc, 58,785~788
- Koshio S, Ackman R G, Lall S P. 1994. Effect of oxidized Herring and canola oils in diets on growth, survival and flavor of Atlantic Salmon, *Salmo salar*. J Agric Food Chem. 42:1146~1169
- Liu Quinghui, Pecttersen J. 1997. The effect of fish quality on the composition and oxidization of fish oil J Fish Sci China, 4(3):66~72
- Marquez-Ruiz G, Perez-Camino M C, Dobarganes M C. 1992. In vitro action of pancreatic lipase on complex glycerides from thermally oxidized oils. Fat Sci Technol. 94:307~312
- Murai T, Akiyama T, Ogata H, et al. 1998. Interaction of dietary oxidized fish oil and glutathione on fingerling yellowtail (*Seriola quinquerdiata*). Bull Jap Soc Sci Fish, 54:145~149
- Nemcsó K J, Vige E. 1993. Role of free radicals in swimbladder inflammation of carp. J Fish Dis, 16(2):131~136
- Oberbach H, Totovic V, Hartifel W. 1989. Effects of differently high oxidized fats in feed of rainbow trout on the need for vitamin E and Selenium. Fat Sci Technol, 91:148~153

- Ohkawa H. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbitavic acid reaction. *Anal Biochem*, 17(13):241
- Papa Parasjeva-Pagousoylou. 1986. Protein requirement of young Gray Mullet. *Aquaculture*, 52:105~115
- Park S L. 1978. Nutritional liver disease in cultured yellowtail, *Serida quinqueradiata*, caused by feed deficiency. *Bull Korean Fish. Sec.*, 11:1~4
- Sakai T, Murata H, Yamauchi, et al. 1992. Effects of lipid peroxides contents on in vivo lipid peroxidation,  $\alpha$ -tocopherol contents and superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities in the livers of yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58:1483~1486
- Urdahl N. 1992. By-products from pelagic fish. In *prlagic Fish. The Resourcee and its Explotation*; Burt, J. R., Hardy, R., whittle, K. J., Eds.; fishing News Books; Oxford, U. K 222~231

## EFFECTS OF OXIDIZED FISH OILS IN DIETS ON THE GROWTH, SURVIVAL AND FATTY ACID COMPOSITION OF JUVENILE RED SEABREAM *PAGRUS MAJOR*

GAO Chun-Ren, LEI Ji-Lin

(*Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao 266071*)

**ABSTRACT** The effects of oxidized fish oils in the growth, survival and fatty acid composition in fish muscle and liver of juvenile red seabream, *pagrus major* were studied by adding different oxidized levels fish oils into the experimental diets. The results showed as follows; the influence of dietary peroxide is more efficient than that of free fatty acid on the growth and survival of red seabream juvenile. The trial juvenile weight gain(%) and survival ratio decrease when the dietary peroxide values increases. The faaty acid composition in fish muscles and livers are related with the oxidized levels oils in diets, where as the fat content in juvenile body varies a litte. The linear regression of the juvenlie weight gain rate and POV was detected. When the juvenile was fed the diet containg oxidixed fish oils, it would related to the accumulation of peroxide lipid in its livers.

**KEYWORDS** juvenile, *pagrus major*, oxidized fish oil, growth, survival, fatty acid