

不同脂肪源对真鲷幼鱼生长、存活及体内脂肪酸组成的影响

高淳仁 雷霖霖

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 真鲷幼鱼摄食缺乏多不饱和脂肪酸(PUFA)饵料时,其生长增重率和存活率比摄食富含PUFA配合饵料或玉筋鱼鱼糜的明显下降。幼鱼摄食含有不同脂肪酸饵料时,其肌肉和肝脏极性或非极性脂中脂肪酸组成都有变化。肌肉和肝脏极性脂中的PUFA比非极性脂中PUFA含量高,并且当饵料中不能提供足够的PUFA时,非极性脂中的PUFA下降明显,而极性脂中的PUFA变化较小,被优先贮存。真鲷幼鱼肌肉和肝脏组织缺乏n-9、n-6和n-3相互转化的能力。因此,为提高幼鱼的生长增重率和存活率,必须保证饵料中含有足够的PUFA。

关键词 真鲷, 幼鱼, 生长增重率, 存活率, 脂肪酸, 极性脂, 非极性脂

脂类是海水鱼类的必需营养要素,也是其所需能量的主要来源^[1]。国外有关海水鱼类饵料中脂肪或脂肪酸营养的研究报道较多,已证实n-3高度不饱和脂肪酸是海水仔、稚鱼的必需脂肪酸,因其自身不能合成这些必需脂肪酸,只能从饵料中摄取^[2,3]。饵料中n-3高度不饱和脂肪酸的数量和种类直接影响海水仔稚鱼的生长和存活,其中以二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA)最为重要^[4,5]。也有学者研究了极性或非极性脂质中的脂肪酸以及脂肪酸的脂型对海水仔、稚、幼鱼的影响^[6,7]。

国内海水鱼类的营养研究刚刚起步,有关海水鱼类脂肪酸营养研究的报道尚少。刘伟等^[8]利用不同脂肪源饲料对草鱼稚鱼生长的影响作了研究。王道尊等^[9]利用不同脂肪源饲料研究其对青鱼生长的影响。本实验利用牛脂、豆油和精制鱼油为不同脂肪源添加至真鲷幼鱼饵料中,研究饵料中脂肪酸的差异对幼鱼生长、存活及体内脂肪酸组成的影响。

1 材料与方法

1.1 实验幼鱼

真鲷幼鱼为黄海水产研究所麦岛实验基地人工培育的鱼苗,实验前暂养在5 m³的水泥池中,投喂人工配合饵料使之适应实验饵料,2~3 d后挑选大小均匀的幼鱼用于实验。

1.2 实验方法

将选出的120尾真鲷幼鱼平均放入12个玻璃钢水槽(0.2 m³)内,槽内保持流动的海水(温度20.5~24.5℃,盐度30~33, pH 8.1~8.2,流速1.5 L/min),并24 h充气。幼鱼每日投喂2次,试验期为35 d。

1.3 饵料配方设计

基础饵料以优质脱脂鱼粉、酪蛋白为蛋白源,添加牛脂、豆油或精制鱼油,以羧甲基纤维素为粘合剂,纤维素为添加剂,制成5组不同的实验饵料,并设对照组喂以玉筋鱼鱼糜。各组饵料基本组成见表1,每组设平行组。饵料中所有成分混合均匀后,室温下用模孔为0.2 cm的手动成型机挤压饵料成条状。室温下风干2 h后,贮存于-20℃冰箱

收稿日期:1998-10-15

* 本研究是攀登B“真鲷苗种培育关键技术”项目中的一部分工作

中备用。

1.4 分析方法

1.4.1 常规项目分析 蛋白质含量,微量凯氏定氮法;水分含量,105℃恒温干燥法;脂肪含量,索氏抽提法;灰分含量,550℃灰化法。

1.4.2 饵料、鱼体及肝脏中分析用脂肪的提取 用氯仿:甲醇(2:1)的混合试剂分别将粉碎的饵料、肌肉及肝脏中的脂肪浸提(24 h)2遍,静止分层后,下层用旋转蒸发仪将有机溶剂蒸出。

1.4.3 极性与非极性脂肪的分离 采用硅胶柱层析分离。

1.4.4 脂肪酸分析 采用气相色谱法,色谱柱为毛细管柱(25 m×0.32 mm),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N₂,流速50 ml/min。

表1 实验饵料组成

Table 1 Composition of experiment diets %					
成分 ingredients	饵料号 diet No.				
	1	2	3	4	5
脱脂鱼粉 defatted fish meal	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0
酪蛋白 casein	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
糊精 dextrin	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
混合维生素 vitamin mix *	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
混合无机盐 mineral mix *	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
胆固醇 cholesterol	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
维生素 E vitamin E	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
羧甲基纤维素 CM-cellulose	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
牛脂 beef tallow	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0
豆油 soybean oil	0.0	10.0	6.6	3.3	0.0
精制鱼油 refined fishoil	0.0	0.0	3.4	6.7	10.0
纤维素 cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

* 同参考文献[10] the same as reference[10].

2 结果

2.1 实验饵料化学组成及脂肪酸成分

实验各组饵料基本化学组成见表2,表3为实验各组饵料主要脂肪酸组成。各组除添加油脂成分不同外,其它饵料成分一致(表1)。由于1组和2组为只添加牛脂和豆油组,其饵料中EPA和DHA含量极低,1组饱和脂肪酸主要是棕榈酸(C16:0)和硬脂酸(C18:0),且含量为各组中最高者,单不饱和脂肪酸主要是C18:1 ω 9, Σ PUFA- ω 3含量最低。2组 Σ SFA含量为18.3%,亚油酸和亚麻酸含量较高。3、4组饵料中脂肪酸特点是亚油酸、亚麻酸含量较2组低,但比1、5组高,EPA和DHA含量较5组低而比1、2组高。5组饵料脂肪酸中的亚

麻酸和亚油酸比2、3、4组低,但EPA和DHA及 Σ PUFA- ω 3含量为实验各组中最高。

2.2 生长及存活

饵料中添加不同脂肪源对幼鱼生长及存活影响很大,体重增重率由59.68%变为163.94%;存活率由60.0%变为93.3%(表4)。

表2 实验饵料基本化学组成

Table 2 Chemical composition of experiment diets %						
成分 ingredients	饵料号 diet No.					对照 control
	1	2	3	4	5	
水分含量 water content	36.75	36.12	35.43	35.75	36.25	74.98
蛋白质 protein(dry wt)	55.13	53.32	52.66	53.57	52.71	58.97
脂肪 fat	10.5	10.5	10.4	10.5	10.6	20.91
灰分 ash	5.6	6.0	5.8	6.4	6.5	15.35

表3 实验饵料主要脂肪酸组成

Table 3 Principal fatty acid composition of experiment diets %						
脂肪酸 fatty acid	饵料号 diet No.					对照 control
	1	2	3	4	5	
C14:0	4.6	1.4	3.76	6.12	8.52	7.60
C16:0	28.2	13.5	16.78	17.02	18.85	17.40
C16:1 ω 7	0.3	1.1	4.22	5.96	10.20	8.90
C18:0	16.3	3.4	2.76	2.55	2.24	2.30
C18:1 ω 9	25.8	16.2	16.50	14.90	14.00	12.90
C18:2 ω 6	1.8	39.2	15.72	12.43	2.15	6.04
C18:3 ω 3	0.5	5.2	3.52	2.73	2.07	1.93
C18:4 ω 3	0.4	0.6	1.83	2.54	3.05	1.15
C20:1 ω 9	—	—	0.8	5.86	3.85	1.90
C20:4 ω 6	—	—	—	0.54	0.49	0.58
C20:4 ω 3	—	—	—	0.38	0.56	0.61
C20:5 ω 3	0.6	0.8	6.00	8.00	9.16	6.35
C22:1 ω 9	—	—	0.6	2.47	2.01	2.34
C22:5 ω 3	—	—	0.2	—	0.66	0.76
C22:6 ω 3	0.7	0.6	12.29	14.25	16.86	17.2
Σ SFA	49.1	18.3	23.30	25.69	29.61	27.3
Σ MUFA	52.2	18.7	29.05	20.76	18.24	18.72
Σ PUFA- ω 6	1.8	39.2	16.26	12.92	2.73	6.45
Σ PUFA- ω 3	2.2	7.4	24.02	28.74	32.51	28.02

2.3 幼鱼肌肉脂肪酸组成

实验结束后取实验幼鱼的肌肉和肝脏作脂肪酸分析。对照组幼鱼肌肉、肝脏中脂肪酸在实验开始前与结束时基本无变化。幼鱼肌肉非极性与极性脂中脂肪酸组成见表5。鱼体肌肉非极性脂中饱和脂肪酸主要是C16:0,C18:0次之。单不饱和脂肪酸主要是C18:1 ω 9,C16:1 ω 7次之。 ω 6系脂肪酸主要是C18:2 ω 6,且各组脂肪酸差异变化较大。 ω 3系脂肪酸主要是C22:6 ω 3(DHA)和C20:5 ω 3(EPA)。鱼体肌肉极性脂中饱和脂肪酸主要也是

C16:0 和 C18:0, 单不饱和脂肪酸主要以 C18:1 ω 9 和 C16:1 ω 7 为主。 ω 6 系脂肪酸主要是亚油酸, 其含量除 1 组外均低于各组非极性脂中亚油酸含量, ω 3 系脂肪酸系脂肪酸中 DHA 和 EPA 含量较高, 特别是 1、3 和 5 组中极性脂比非极性脂中 DHA 含量高。

表 4 喂养实验结果

Table 4 Results of feeding trial

项目 item	饵料号 diet No.					对照 control
	1	2	3	4	5	
最初体重/g initial weight	3.82 $\pm$ 0.3	3.94 $\pm$ 0.2	3.86 $\pm$ 0.2	3.91 $\pm$ 0.2	3.84 $\pm$ 0.2	3.88 $\pm$ 0.2
最终体重/g final weight	6.10 $\pm$ 0.6 ^c	7.98 $\pm$ 0.4 ^d	9.50 $\pm$ 0.8 ^b	10.32 $\pm$ 0.9 ^b	8.52 $\pm$ 0.8 ^c	11.67 $\pm$ 0.6 ^a
体重增长率/% rate of weight gain	59.68	102.54	146.37	163.94	121.88	200.77
存活率/% survival rate	60.0	86.7	93.3	93.3	93.3	100
粗蛋白/% crude protein	19.6	19.1	19.3	19.8	19.5	18.2
脂肪/% fat	7.8	8.1	8.3	8.3	8.5	5.3
灰分/% ash	4.8	5.0	4.4	5.3	4.7	4.1
水分/% water	68.8	68.5	67.9	67.3	66.9	73.6

* 表中横排中上角不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Different superscripts indicate significant differences at $P < 0.05$.

表 5 鱼体肌肉非极性和极性脂中脂肪酸组成

Table 5 Fatty acid composition of neutral and polar lipid in fish muscle

%

脂肪酸 fatty acid	饵料号 diet No.											
	1		2		3		4		5		对照 control	
	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性
C12:0	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.05	0.04
C14:0	4.81	3.07	2.74	3.12	2.89	2.56	3.15	3.22	3.51	1.52	2.13	2.43
C15:0	0.77	0.52	0.39	0.31	0.39	0.47	0.47	0.49	0.53	0.29	0.44	0.56
C16:0	25.78	24.38	18.54	21.76	17.43	24.28	18.46	19.77	18.27	15.80	17.16	18.47
C16:1 ω 7	7.15	6.28	5.21	4.26	5.39	3.79	5.78	5.71	6.43	2.72	6.36	3.65
C16:1 ω 5	0.38	-	-	-	-	-	-	-	0.38	-	0.27	-
C16:2 ω 6	1.06	1.03	1.40	1.08	1.31	1.14	0.77	0.95	1.61	1.28	0.96	1.39
C16:2 ω 4	0.75	1.13	-	0.86	-	0.90	0.69	0.72	-	0.98	0.53	1.03
C16:3 ω 3	0.39	0.31	0.38	0.42	0.41	0.31	0.47	0.43	0.58	0.39	0.46	0.46
C18:0	8.35	14.26	7.06	14.35	5.92	12.47	6.32	9.47	5.78	16.44	5.17	15.78
C18:1 ω 9 + ω 7	20.88	20.01	18.05	17.66	20.19	15.11	19.73	18.69	18.62	14.55	18.31	13.11
C18:1 ω 5	0.34	-	0.40	-	-	-	0.39	-	0.36	-	0.22	-
C18:2 ω 6	2.37	4.42	13.68	8.23	16.42	9.72	10.37	9.56	5.24	4.55	8.13	4.96
C18:3 ω 6	0.10	0.22	0.04	0.18	0.03	0.11	0.04	0.10	0.11	0.31	0.45	0.25
C18:3 ω 3	1.09	0.96	1.84	1.16	2.58	1.07	1.85	1.53	1.19	0.54	2.31	0.98
C18:4 ω 3	1.55	0.67	0.91	0.18	0.97	0.34	1.20	0.93	1.17	0.27	1.45	0.67
C20:1 ω 9 + ω 11	0.37	1.36	0.18	2.87	0.29	1.80	0.33	2.39	0.43	2.54	0.32	3.13
C20:2 ω 6	-	0.17	-	0.26	-	0.30	-	0.31	-	0.30	-	0.56
C20:4 ω 6	-	0.23	0.83	0.95	0.47	0.96	0.53	0.69	0.72	1.52	0.64	0.89
C20:4 ω 3	-	-	0.43	0.15	0.49	0.26	0.60	0.48	0.64	0.27	0.71	0.67
C20:5 ω 3	3.69	3.87	5.29	4.85	4.60	4.13	5.83	5.17	6.06	4.18	7.37	4.75
C22:1 ω 9 + ω 11	1.53	0.55	1.08	0.56	0.75	0.34	0.99	0.83	2.51	0.53	1.85	0.96
C22:5 ω 3	-	-	1.04	-	1.19	-	1.29	1.16	1.63	1.46	1.49	1.28
C22:6 ω 3	6.97	13.77	16.86	14.43	13.40	17.82	16.55	16.67	18.42	20.07	17.33	19.79
Σ SFA	39.78	42.29	28.77	39.57	26.66	39.83	28.44	32.98	28.12	34.07	24.95	37.28
Σ MUFA	30.65	28.20	24.92	25.35	26.62	21.04	27.22	27.62	28.73	20.34	27.33	20.85
Σ PUFA - ω 6	3.53	6.07	15.95	10.70	18.23	12.23	11.71	11.61	7.68	7.96	10.18	8.05
Σ PUFA - ω 3	13.69	19.58	26.75	21.60	23.64	23.93	27.79	26.37	29.69	27.18	31.12	28.60
Σ PUFA - ω 3 Σ PUFA - ω 6	3.88	3.23	1.68	2.02	1.30	1.96	2.37	2.27	3.87	3.41	3.06	3.55

2.4 幼鱼肝脏中脂肪酸组成

饱和类脂肪酸仍以 C16:0 最为丰富, 并且极性与非极性脂中含量差异不大; 单不饱和类脂肪酸以 C18:1 ω 9 和 C18:1 ω 6 最为丰富, 但极性脂中的含量明显高于非极性脂中含量; 多不饱和脂肪酸中以

C22:6 ω 3 最为丰富, 并且极性脂中的 C22:6 ω 3 含量明显高于非极性脂中的含量。虽然 C20:5 ω 3 在极性与非极性脂中都有较高含量, 但二者之间差异不大(表 6)。

表 6 鱼体肝脏非极性和极性脂中脂肪酸组成
Table 6 Fatty acid composition of non-polar and polar lipid fractions in fish livers

脂肪酸 fatty acid	饲料号 diet No.											
	1		2		3		4		5		对照 control	
	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性	非极性	极性
C12:0	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.07	0.20	0.06	0.04	0.07	0.02
C14:0	4.27	3.07	3.76	2.89	3.45	2.26	3.22	2.53	3.35	4.35	2.98	3.60
C15:0	0.45	0.46	0.37	0.45	0.55	0.34	0.28	0.55	0.43	0.56	0.39	0.65
C16:0	26.21	27.23	25.01	25.62	19.37	21.89	25.50	25.64	19.81	20.85	20.60	22.30
C16:1 ω 7	7.02	7.81	5.48	5.42	5.22	4.69	5.31	2.38	5.29	3.47	5.47	3.20
C16:2 ω 6	1.12	0.96	1.03	1.22	1.45	0.56	1.36	0.75	1.41	1.78	0.93	0.84
C16:3 ω 3	0.38	0.53	0.48	0.36	0.45	0.31	0.51	0.56	0.37	0.61	0.31	0.57
C16:4 ω 3	-	0.21	-	0.27	-	0.09	-	0.22	-	0.24	-	0.33
C18:0	8.75	9.30	7.91	9.25	8.02	9.88	7.76	9.15	7.55	6.08	9.39	5.31
C18:1 ω 9 + ω 11	19.22	30.04	18.36	32.40	19.31	25.48	18.22	28.17	17.85	19.73	19.78	13.87
C18:1 ω 5	0.25	-	0.31	0.40	0.42	-	0.33	-	0.35	0.51	0.46	0.11
C18:2 ω 6	2.32	1.97	10.96	3.21	9.72	4.48	11.45	6.72	8.77	4.24	7.59	5.39
C18:3 ω 6	0.12	0.03	0.23	0.12	0.25	0.23	0.30	0.05	0.31	0.06	0.59	0.13
C18:3 ω 3	0.45	0.30	1.02	0.58	0.96	1.26	1.17	1.12	0.87	0.95	0.50	1.16
C18:4 ω 3	0.27	0.16	0.38	0.22	0.56	0.26	0.37	0.85	0.78	1.26	0.61	0.95
C20:1 ω 11	0.51	0.24	0.42	0.25	0.46	0.22	0.35	0.21	0.48	0.27	0.76	0.39
C20:1 ω 9	0.59	3.68	0.63	2.04	0.41	1.59	0.45	2.49	0.39	4.66	0.85	3.85
C20:2 ω 6	0.23	0.15	0.15	- - -	0.19	0.41	0.21	0.18	0.26	0.22	0.53	0.23
C20:4 ω 6	0.77	0.41	1.01	1.24	1.03	0.57	0.86	0.78	0.75	0.80	0.61	0.76
C20:4 ω 3	0.76	0.30	0.32	0.47	0.56	0.31	1.02	0.52	0.88	0.46	0.40	0.54
C20:5 ω 3	1.59	1.72	1.87	2.88	1.76	2.27	2.53	3.75	3.40	5.10	3.90	5.77
C22:1 ω 9 + ω 11	2.10	1.38	1.25	0.97	1.33	0.87	1.01	1.22	0.96	3.87	1.21	4.33
C22:5 ω 3	0.69	0.73	0.87	1.35	0.65	0.70	0.75	0.53	0.92	1.14	0.89	1.96
C22:6 ω 3	3.28	6.80	4.76	7.65	4.97	9.64	5.81	10.01	7.75	13.81	7.64	16.18
Σ SFA	39.72	40.09	37.10	38.26	31.44	34.40	36.83	38.07	31.20	31.88	33.43	31.88
Σ MUFA	29.69	43.15	26.45	41.48	27.15	32.85	25.67	34.47	25.32	32.51	28.53	25.75
Σ PUFA - ω 6	4.56	3.52	13.38	5.79	12.64	6.25	14.18	8.48	11.50	7.10	10.25	7.35
Σ PUFA - ω 3	7.42	10.75	9.70	13.78	9.91	14.84	12.16	17.56	14.97	23.57	14.25	27.46
$\frac{\Sigma \text{PUFA} - \omega 3}{\Sigma \text{PUFA} - \omega 6}$	1.63	3.05	0.72	2.38	0.78	2.37	0.86	2.07	1.30	3.32	1.39	3.74

3 讨论

在所有试验幼鱼的组织研究中, 极性和非极性脂都含有较丰富的 16:0 和 18:1 $n-9$ 脂肪酸, 说明这些脂肪酸不仅是组织中主要的能源, 同时也与含量同样丰富的 $n-3$ 高度不饱和脂肪酸(HUFA)一起结合到磷脂膜上。C Ibeas^[6]指出, 18:1 $n-9$ 和 $n-3$ HUFA 对组织内磷脂膜的不饱和程度起调节作用。尽管 18:2 $n-6$ 和 20:4 $n-6$ 对保持不饱和程度有作用, 但由于其含量低微, 作用性相对较小。

不饱和脂肪酸在动物体内的代谢转化有几条明确的途径, 即 $n-9$ 、 $n-6$ 和 $n-3$ 途径。这些途径的主要特征首先是它们之间不能彼此转化或者由某一个系列的脂肪酸引发另一个系列的脂肪酸; 第二点是 18 碳不饱和脂肪酸的不饱和顺序是 $n-3 > n-6 > n-9$; 第三点是控制组织脂质中多不饱和脂肪酸水平的因子是酸的来源和关联的共同作用^[10]。本试验中第 1 组饲料试验结果表明, 当饲料中 PUFA 缺乏而 SFA 丰富时, 幼鱼组织内的 PUFA 含量并不

丰富,与对照组的 PUFA 含量相比明显下降,但其 MUFA 含量增高,说明真鲷幼鱼肌肉和肝脏组织不能将 SFA 或 MUFA 转化成 PUFA。

真鲷幼鱼同其它海水鱼类相似,但与淡水鱼类不同,其所有组织缺乏从 18:1 n-9 生产 20:2 n-9 和 22:1 n-9 的能力。这一点可以从表 5、6 中看出,尽管 18:1 n-9 含量较高,但 20:1 n-9 和 22:1 n-9 含量都很低。

由于各组饲料中添加不同的脂肪源,使得各组饵料的脂肪酸组成不同(表 3),从而造成了幼鱼的生长、存活和鱼体的脂肪酸组成有所差异(表 4、5)。摄食第 1 组饵料幼鱼的生长增重率和存活率都表现为最低,这与 Takeuchi 等^[4]对真鲷幼鱼的试验结果一致,并与 Ibeas 等^[6]有关金鲷增重率的结果一致,但在存活率方面有所差异。摄食 2 组饵料幼鱼的生长增重率与存活率都明显高于 1 组饵料幼鱼的,说明饵料中含有丰富的多不饱和和 18:2 n-6 比含有饱和的 16:0 对真鲷幼鱼更有营养价值。摄食 4 组饵料的幼鱼生长增重率最高(除对照组外),但存活率与 3、5 组的相同,说明含有一定量的 HUFA 可使幼鱼的存活率增高,而适宜的 HUFA 能使幼鱼生长迅速。5 组饵料中脂肪源全部为鱼油,其中 DHA、EPA 含量最高,但其幼鱼的生长增重率并不最高,而与摄食 3 组的幼鱼增重率较为接近,这是否与饵料中 18:2 n-6 含量较低相关,且生长增重率与饵料中脂肪酸平衡的关系有待进一步的试验证明。摄食玉筋鱼鱼糜的幼鱼无论从生长增重率还是存活率方面都是全部试验组中最高的,这表明本试验人工配合饵料与天然饵料之间尚有差距,同时也进一步证明了脂肪酸平衡对于幼鱼生长的重要性。

实验发现 2、3、4、5 组幼鱼体内的粗脂肪含量相差不大,但其肌肉、肝脏中的脂肪酸组成却有差异(表 4~5)。3、4、5 组幼鱼肌肉非极性脂中的 EPA、DHA 含量随饵料中鱼油含量增高而增高,但极性脂中的 EPA 变化不显著。肌肉极性脂中的 DHA 含量明显高于非极性脂中的 DHA 含量。

有关金鲷、真鲷、罗非鱼^[11-13]的研究都发现,饵料中的 HUFA 含量会影响总的和非极性脂中的 HUFA,而对极性脂中的 HUFA 降低很小。本试验 1 组幼鱼肌肉非极性脂中的 EPA、DHA 与对照组和 3、4、5 组幼鱼的 EPA、DHA 含量相比下降很大,而肌肉极性脂中的 EPA、DHA 则下降较小。此结果也与 Ibeas 等^[6]对金鲷幼鱼的研究结果相符,表明 HUFA

在极性脂——磷脂膜的结构和功能中起重要作用。真鲷幼鱼肌肉极性脂中 HUFA 的优先贮存也可能是一种生化反应需要。

试验幼鱼鱼体肌肉非极性脂中的饱和脂肪酸(Σ SFA)与饲料中添加不同脂肪酸有关,表现为 1 组肌肉非极性脂中含有最高的 Σ SFA,而 2、3、4 和 5 组 Σ SFA 含量较为接近,对照组的 Σ SFA 含量最低。极性脂中的各组 Σ SFA 含量较为接近。从表 5 中可以看出,各组织中 n-6 系列的多不饱和脂肪酸含量(Σ PUFA- ω 6)远低于 n-3 系列的多不饱和脂肪酸(Σ PUFA- ω 3)含量,表明肌肉组织无论极性或非极性脂中,n-3 系列多不饱和脂肪酸比 n-6 系列优先贮存。

受饵料中脂肪酸影响,真鲷幼鱼摄食高度不饱和和脂肪酸含量较低的 1 组饵料,其体内肝脏非极性脂中的 EPA、DHA 含量明显低于其它试验组之 EPA、DHA 含量。随着饵料中 HUFA 的增高,幼鱼肝脏非极性脂中的 EPA、DHA 含量上升;极性脂中 EPA、DHA 变化趋势基本与非极性相一致(表 6)。但各组极性脂中的 DHA 含量明显高于非极性脂中的 DHA 含量,而 EPA 则相差不大,表明肝脏中 EPA/DHA 的比例有所差异。

研究证明,PUFA 是真鲷仔、稚、幼鱼的必需脂肪酸,其自身不能合成,必须从饵料中摄取^[14,15]。当饵料中 PUFA 缺乏时,其体内的 PUFA 必然因代谢消耗而下降。1 组幼鱼肝脏非极性脂中的 Σ PUFA- ω 3/ Σ PUFA- ω 6 的比值居全部试验组中最高(表 6),表明如果饵料中缺乏 PUFA,则幼鱼肝脏非一脂中首先降低 Σ PUFA- ω 6,这可能也是 Σ PUFA- ω 3 优先贮存的缘故。各试验组肝脏极性脂中 Σ PUFA- ω 3/ Σ PUFA- ω 6 的比值高于非极性脂中的比值,表明幼鱼肝脏极性脂中更富积 Σ PUFA- ω 3。肝脏极性脂中该比值受饵料中脂肪酸含量影响较小,说明肝脏极性脂中具有保持高度不饱和和脂肪酸比例相对稳定的特性。从表 6 中还可以看出,各组幼鱼肝脏脂肪酸中, Σ SFA 和 Σ MUFA 是脂肪酸中很丰富的部分。当肝脏中 Σ PUFA 含量低时, Σ MUFA 的含量增高。 Σ MUFA 对维持饱和/不饱和脂肪酸之间的平衡有重要作用,从而调节了肝脏脂质的不饱和程度。

参 考 文 献

- 1 Vetter R D, et al. Energy metabolism in a rapidly developing marine

- fish egg the red drum. Can J Fish Aquat Sci, 1983, 40:627~634
- 2 Borlongan I G. The essential fatty acid requirement of milkfish, Fish Physiol Biochem, 1992, 9:401~407
- 3 Izquierdo M S. Requirement of marine laval fish for essential fatty acids. M Sc Thesis, Tokyo Univ of Fisheries, 1988.197
- 4 Takeuchi T, et al. Requirement of juvenile red seabream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1990, 56:1263~1269
- 5 Watanabe T, et al. Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficacy in larval red seabream. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1989a, 55(9):1633~1640
- 6 Ibeas C, et al. Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Spurus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. Aquaculture, 1996, 142:221~235
- 7 Izquierdo M, et al. Requirement of larval red seabream for essential fatty acids. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1989a, 55(5):859~867
- 8 刘 玮,等.不同脂肪源饲料对草鱼稚鱼生长的影响.水产学报, 1995, 19(4): 362~365
- 9 王道尊,等.不同脂肪源饲料对青鱼生长的影响.水产学报, 1989, 13(4):370~374
- 10 Bell M V, et al. The role of polyunsaturated fatty acids in fish Comp Biochem Physiol, 1986, 4:711~719
- 11 Koven W M, et al. Lipid and n-3 requirement of *Spurus aurata* larvae during starvation and feeding Aquaculture, 1989, 79:185~191
- 12 Tandler A, et al. The effect of food deprivation on the fatty acid and lipid profile of red seabream larvae (*Pagrus major*). Br J Nutr, 1989, 62:349~361
- 13 Satoh S, et al. Effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of *Tilapia nilotica*. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1984, 50:79~84
- 14 Fujii M, Yone Y. Studies on nutrition of red seabream. X III. Effect of dietary linolenic acid and ω 3 PUFA on growth and feed efficiency. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1976, 42(5):583~588
- 15 Kanazawa A, et al. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linolenic acid of highly unsaturated fatty acids. Comp Biochem Physiol. B, 1979, 63:295~298

Effects of different lipids on growth, survival and tissue fatty acid composition of juvenile *Pagrosomus major*

Gao Chunren Lei Jilin

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

Abstract When juvenile red seabream were fed with diets short of PUFA, its weight gain and survival ratio decreased significantly compared with those fed with diets abundant in PUFA or minced fish meal. Its fatty acid composition of non-polar and polar lipids from muscles and livers varied as it was fed with the diets containing different fatty acids. PUFA contents in polar lipids from muscles and livers were higher than those in non polar lipids. A markable decrease of PUFA in non-polar lipids occurred when the fish fed on diets with very low content of PUFA, whereas the PUFA in polar lipids decreased slightly and were preserved preferentially. There are nointerconvertible ability among n-9, n-6, and n-3 in muscles and livers of the juvenile. It is essential to add PUFA into the diets so as to increase the weight gain and survival ratio of the juvenile.

Key words *Pagrosomus major*, juvenile, weight gain, survival ratio, fatty acid, polar lipids, non-polar lipids