

牙鲆幼鱼对 n-3 高度不饱和脂肪酸的吸收 及与生长关系的初步研究*

刘洪杰 毛兴华

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266003)

提要 于1996年9—10月在中国水产科学研究院黄海水产研究所小麦岛实验基地,采用人工投喂的方法,给牙鲆幼鱼投喂含不同含量 n-3 高度不饱和脂肪酸(n-3HUFA)的人工饵料,研究牙鲆幼鱼对饵料中 n-3HUFA的消化、吸收以及 n-3HUFA的含量与日增重率、饵料效率的关系。结果表明,在饵料中添加 0.60%—2.40% 的 n-3HUFA可有效提高牙鲆幼鱼的日增重率和饵料效率;肝脏中 n-3HUFA的含量与饵料中 n-3HUFA(尤其是DHA)的含量成正比;牙鲆幼鱼对饵料中 n-3HUFA的表观消化吸收率随其含量的增加呈下降趋势。

关键词 牙鲆幼鱼 n-3HUFA 日增重率 饵料效率

学科分类号 S963

n-3高度不饱和脂肪酸(n-3HUFA)包括二十碳五烯酸(Eicosapentaenoic acid, EPA)和二十二碳六烯酸(Docosahexaenoic acid, DHA),对改善鱼类卵子的质量、仔稚鱼的存活率、增长率及饵料效率有重要作用。80年代以来,关于 n-3HUFA对海水鱼类的生长、发育的影响已有大量研究(孙光,1992;周光正等,1996;Izquierdo *et al.*,1992;金泽昭夫,1988a)。目前,国内关于牙鲆对 n-3HUFA的吸收方面的研究尚未见报道。本文报告牙鲆幼鱼对饵料中 n-3HUFA的吸收、n-3HUFA的含量与牙鲆幼鱼的日增重率、饵料效率的关系的研究结果,以期为牙鲆的营养学研究及工厂化养殖提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 配合饵料的制作

配合饵料根据 n-3HUFA的含量不同分为5组,鳀鱼油(含12.0% EPA和18.0%DHA)购自青岛渔业公司,使用前按照1:1的比例加淡水进行乳化处理。饵料的原料配方见表1。

1.2 牙鲆幼鱼的饲养

实验用牙鲆 [*Paralichthys olivaceus* (T. *et* S.)] 幼鱼由青岛市黄岛发电厂养鱼试验场提供。实验前,先将幼鱼暂养7d。选择大小均匀、健康、活力好的牙鲆幼鱼(体长为6.0—8.0cm),按照不同饵料组分养于5个容量为100L的塑料圆缸中,每缸养鱼10尾,实验期间24h流水,流量为75L/h。每天各组早晚投饵二次,投饵量以实验鱼不再进食为止,然

* 国家攀登计划B资助项目,PD B-6-1-3号。刘洪杰,男,出生于1962年5月,助理研究员, E-mail:liuhj@sdqd.qdinfo.gov.cn

收稿日期:1998-03-26, 收修改稿日期:1998-08-18

后吸出残饵及粪便。实验共进行了 35d,海水水温保持在 10.0—14.0℃, pH = 8.3—8.6,海水盐度为 31.62。

表1 饵料配方(g)

Tab.1 Feed directions (g)

饵料组	对照	1	2	3	4
秘鲁鱼粉	480.0	480.0	480.0	480.0	480.0
糊化淀粉	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
褐藻酸钠	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
鳕鱼油	0.0	12.0	24.0	36.0	48.0
n-3HUFA(EPA+DHA)(%)	0.0	0.60	1.20	1.80	2.40
EPA(%)	0.0	0.24	0.48	0.72	0.96
DHA(%)	0.0	0.36	0.72	1.08	1.44

1.3 实验方法

1.3.1 牙鲆幼鱼的日增重率、日摄食率和饵料效率的测定 分别在实验开始和结束时测量各实验组鱼的体重,记录每天各实验组幼鱼的总摄食量,并按以下公式计算实验期间幼鱼的日增重率、日摄食率和饵料效率。

$$F = (W_T - W_0) / T \times (W_0 + W_T) / 2$$

$$V = R / T \times (W_0 + W_T) / 2$$

$$C = (W_T + W_S - W_0) / R \times 100\%$$

其中, F 表示日增重率, V 表示日摄食率, C 表示饵料效率(%), W_0 表示实验开始时 10 尾鱼的总体重, W_T 表示实验结束时活鱼的总体重, W_S 表示实验期间死亡鱼的总体重, T 表示喂养天数(35d), R 表示喂养 T 日的摄饵量。

1.3.2 牙鲆幼鱼肝脏中 n-3HUFA 含量的测定 在实验结束时,取各饵料组存活鱼的肝脏,分析其 n-3HUFA 的相对百分含量。

1.3.3 牙鲆幼鱼对饵料中不同含量 n-3HUFA 表观消化率的测定 在实验进行到第 10 天时,停饵 3d,然后各饵料组开始投喂含指示剂(0.1% Cr_2O_3)的配合饵料(饵料配方同表 1)。牙鲆幼鱼在摄食后 2—3h,陆续开始排便。将刚排出表皮完整光滑的粪使用吸管小心吸出,分析其 n-3HUFA 的相对百分含量和指示剂 $\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{Cr}^{3+})$ 的含量,并按照公式(彼得·泰得勒等,1982)计算牙鲆幼鱼对 EPA 和 DHA 的表观消化率(Q):

$$Q = 100 - [100 \times (Z_S / Z_F) \times (Y_F / Y_S)]$$

式中, Z_S 表示指示剂在食物中的百分含量, Z_F 表示指示剂在粪便中的百分含量, Y_F 表示 n-3HUFA 在粪便中的相对百分含量, Y_S 表示 n-3HUFA 在食物中的相对百分含量。

1.3.4 样品中 n-3HUFA 的相对含量(%) 和 Cr^{3+} 含量的分析 样品中的 n-3HUFA 相对含量(%) 采用岛津 GC-7AG 气相色谱仪测定,粪便中 $\text{Cr}_2\text{O}_3(\text{Cr}^{3+})$ 的含量(%) 采用日立 Z-7000 型石墨炉原子吸收分光光度计测定。

2 结果

2.1 n-3HUFA 对牙鲆幼鱼日增重率、饵料效率的影响

实验结果表明,在整个实验过程中,各组实验鱼的活力和存活率没有明显的差异,但

幼鱼的日增重率和饵料效率则随着饵料中 n-3HUFA含量的增加而明显提高。其中,4号饵料组的日增重率由对照组的 1.14% 增至 1.76%,而饵料效率则由对照组的 43.73% 增至 74.52%(表 2)。

表2 各饵料组牙鲆幼鱼的日增重率及饵料效率

Tab.2 Gained weight rates and feed commissions of juvenile *Paralichthys olivaceus* (T. et S.) in different feed groups

饵料组	对照	1	2	3	4
开始时尾数	10	10	10	10	10
结束时尾数	9	9	10	9	9
开始时平均体重(g)	6.45	6.41	6.36	7.32	6.95
结束时平均体重(g)	9.02	8.91	9.33	11.10	11.24
日增重率(%)	1.14	1.11	1.33	1.48	1.76
日摄食率(%)	1.98	2.07	2.00	1.83	1.86
饵料效率(%)	43.73	45.10	54.00	63.06	74.52

2.2 n-3HUFA在牙鲆幼鱼肝脏中相对含量(%)的变化

经过 35d 的喂养,各饵料组牙鲆幼鱼肝脏中 n-3HUFA的相对百分含量随着饵料中 n-3HUFA含量的增加均呈增长趋势,其中 n-3HUFA含量最高的 4 号饵料组牙鲆幼鱼肝脏中的 EPA 相对含量由对照组的 9.84% 增至 11.73%, DHA 相对含量由 13.30% 增至 21.37%, DHA 的增长幅度较 EPA 突出(表 3)。

表3 喂养35d后牙鲆幼鱼肝脏中脂肪酸的相对含量(%)

Tab.3 Relate contents (%) of n-3HUFA in livers of juvenile *Paralichthys olivaceus* (T. et S.) after 35 days feeding

饵料组	对照	1	2	3	4
C ₁₈ :1ω9	18.14	14.38	13.75	13.03	11.30
C ₁₈ :1ω7	3.71	4.10	4.72	3.84	3.90
C ₁₈ :2ω6	1.17	2.04	1.61	3.26	1.91
C ₁₈ :3ω6	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
C ₁₈ :3ω3	0.29	0.61	0.22	0.69	0.34
C ₁₈ :4ω3	0.60	0.85	0.26	1.02	0.52
C ₁₈ :2ω4	0.00	0.37	0.42	0.35	0.35
C ₂₀ :1ω9	1.20	1.47	0.85	1.29	1.02
C ₂₀ :3ω9	0.17	0.12	0.20	0.00	0.17
C ₂₀ :4ω6	1.66	1.71	3.03	1.92	3.06
C ₂₀ :4ω3	0.73	0.60	0.58	0.81	0.61
C ₂₀ :5ω3(EPA)	9.84	9.94	10.47	11.61	11.73
C ₂₀ :1ω7	0.00	0.29	0.26	0.00	0.21
C ₂₂ :3ω6	0.52	0.00	0.00	0.37	0.00
C ₂₂ :5ω6	0.31	0.00	0.00	0.45	0.00
C ₂₂ :5ω3	4.35	2.36	3.32	3.45	2.85
C ₂₂ :6ω3(DHA)	13.30	15.83	19.38	20.22	21.37
n-3HUFA	23.14	25.77	29.64	31.83	34.10

2.3 牙鲆幼鱼对饵料中不同浓度 n-3HUFA 的表观消化率 (%)

随着饵料中 n-3HUFA 含量的增加, 牙鲆幼鱼对 n-3HUFA 的表观消化率呈下降趋势, 其中 4 号饵料组对 DHA 的表观消化率由对照组的 87.20% 降至 77.85%。同时, 同一饵料组中牙鲆幼鱼对 EPA 和 DHA 的表观消化率却极为接近(表 4)。

表4 饵料与粪便中脂肪酸的相对含量 (%) 及牙鲆幼鱼对 n-3HUFA 的表观消化率 (%)

Tab.4 Relate contents (%) of n-3HUFA in feed and excrement and apparent absorptivity of juvenile *Paralichthys olivaceus* (T. et S.)

脂肪酸	1		2		3		4	
	饵料	粪便	饵料	粪便	饵料	粪便	饵料	粪便
C ₁₈ :1 ω 9	10.26	9.68	9.95	10.11	9.68	10.35	9.41	10.54
C ₁₈ :1 ω 7	2.73	2.56	2.63	2.79	2.56	3.26	2.49	3.11
C ₁₈ :2 ω 6	1.31	1.73	1.53	1.83	1.73	1.79	1.92	2.03
C ₁₈ :3 ω 6	0.18	0.00	0.17	0.00	0.17	0.00	0.16	0.00
C ₁₈ :3 ω 3	0.44	0.96	0.71	0.76	0.96	0.65	1.09	0.97
C ₁₈ :4 ω 3	1.20	2.17	1.63	1.17	2.17	1.27	2.35	1.84
C ₂₀ :1 ω 9	0.98	1.66	1.32	1.30	1.66	1.25	1.89	1.59
C ₂₀ :3 ω 9	0.16	0.00	0.18	0.00	0.19	0.00	0.18	0.00
C ₂₀ :4 ω 6	1.70	1.23	1.40	0.98	1.23	1.06	1.12	1.02
C ₂₀ :4 ω 3	0.58	0.00	0.56	0.00	0.60	0.00	0.62	0.00
C ₂₀ :5 ω 3(EPA)	17.26	10.36	15.42	11.87	14.36	12.09	13.99	12.37
C ₂₂ :3 ω 6	0.68	0.00	0.59	0.00	0.55	0.00	0.54	0.00
C ₂₂ :5 ω 6	0.31	0.00	0.32	0.00	0.31	0.00	0.33	0.00
C ₂₂ :5 ω 3	2.66	0.00	2.18	0.00	1.86	0.00	1.73	0.00
C ₂₂ :6 ω 3(DHA)	12.79	8.92	13.81	10.36	15.42	12.15	16.57	16.19
n-3HUFA	30.05	19.28	29.23	22.23	29.78	24.24	30.56	28.56
Q _{EPA}	86.16		84.94		80.00		78.13	
Q _{DHA}	87.20		86.27		81.51		77.85	

注: Q_{EPA}和 Q_{DHA}分别为牙鲆幼鱼对饵料中EPA和DHA的表观消化率; 1、2、3、4为饵料组

3 分析与讨论

3.1 牙鲆幼鱼的日增重率、饵料效率与饵料中 n-3HUFA 含量的关系

有研究表明, DHA 中含有的部分磷脂, 在生物膜细胞和亚细胞结构中起重要作用, EPA 在鱼体脂肪酸的代谢过程中具有调节作用(兴石裕一, 1982)。本实验结果(表 1、表 2)表明, 随着饵料中 n-3HUFA 含量的增加, 牙鲆幼鱼的日增重率和饵料效率都呈上升趋势。在 n-3HUFA 含量最高的 4 号饵料组(n-3HUFA 含量为 2.40%), 牙鲆幼鱼的日增重率和饵料效率达到了 1.76 和 74.52 的最大值, 比对照组(不添加 n-3HUFA)分别增加 54.4% 和 70.5%, 说明 n-3HUFA 能够有效的促进牙鲆幼鱼的生长和饵料效率的提高。

关于 n-3HUFA 在饵料中适宜的添加量, 在本实验中, 当饵料中的 n-3HUFA 含量达到 2.40% 时, 牙鲆幼鱼没有不良反应, 对日增重率和饵料效率均呈正效应。另有研究表明, 牙鲆对 n-3HUFA 的需求量随其个体的增长而有所不同; 仔稚鱼对饵料中 n-3HUFA 的需求

量为饵料的0.8%—1.0%(金泽昭夫, 1988a), 体重为20g的幼鱼的需求量为1.1%—1.4%(金泽昭夫, 1988b)。

3.2 牙鲆幼鱼对饵料中 n-3HUFA 的消化和吸收

由表3和表5可知, 随着饵料中 n-3HUFA 含量的增加, 牙鲆幼鱼肝脏中 n-3HUFA 的相对百分含量也逐渐提高, 在 n-3HUFA 含量最高的4号饵料组, 肝脏中 n-3HUFA 的相对百分含量达到了34.1%, 较对照组的增加了47.4%, 其中 DHA 较对照组增加了60.7%, EPA 增加了19.2%, 表明牙鲆幼鱼肝脏中 n-3HUFA 的含量与饵料中 n-3HUFA 的含量密切相关; 且 DHA 的正相关性明显大于 EPA, 表明 DHA 在牙鲆幼鱼的生理活动中较 EPA 更具活力。Izquierdo(1992) 的研究结果亦表明 DHA 在促进牙鲆生长方面起主要作用, 并提出在牙鲆体内存在由于 20:5(n-3) 的链延伸到 22:5(n-3), 使部分 EPA 转化为 DHA 的现象。

表5 肝脏中 n-3HUFA 的增长率(%) 与饵料中 n-3HUFA 含量(%) 的关系

Tab.5 Relationships between growth rates of n-3HUFA in liver and contents of n-3HUFA in feed

含 量	增长率		
	EPA	DHA	n-3HUFA
0.6	0.1	19.0	11.36
1.2	6.0	45.7	28.10
1.8	18.0	52.0	37.55
2.4	19.2	60.7	47.40

由表5可知, 当饵料中 n-3HUFA 的添加量达到0.60%以后, 牙鲆肝脏中 n-3HUFA 相对百分含量的增长率开始呈下降趋势。由表4可知, 随着饵料中 n-3HUFA 含量的增加, 牙鲆幼鱼对 n-3HUFA 的表观消化率也逐渐下降, 4号饵料组较1号饵料组的表观消化率下降了10.1%。由于4个饵料组牙鲆幼鱼的摄食率接近(表2), 肝脏中 n-3HUFA 的相对百分含量降低应与牙鲆对 n-3HUFA 的消化率降低有直接关系。

4 结语

4.1 对于体重为6.0—12.0g的牙鲆幼鱼, 在饵料中添加2.40%以下的 n-3HUFA, 可明显提高其生长及饵料效率, 提高的效果与添加量成正比。

4.2 牙鲆幼鱼肝脏中 n-3HUFA 的含量与饵料中 n-3HUFA 的含量成正比, 其中 DHA 尤为显著。当饵料中 n-3HUFA 的添加量达到0.60%以后, 牙鲆幼鱼肝脏中 n-3HUFA 相对百分含量的增长率开始明显下降。

4.3 牙鲆幼鱼对饵料中 n-3HUFA 的表观消化率随其含量的增加呈下降趋势。

参 考 文 献

- 孙 光, 1992. 高度不饱和脂肪酸在海水鱼类苗种生产中的作用及应用. 海水养殖, 2: 53—57
- 周光正, 王远隆, 王淑君, 1996. 海水仔稚鱼对于 n-3 高度不饱和脂肪酸需求量的研究现状. 海洋湖沼通报, 3: 72—75
- 兴石裕一, 1982. 以配合饲料喂养牙鲆稚鱼对其生长的影响. 日水研报告, 33: 147—150
- 金泽昭夫, 1988a. ヒラメの营养要求と配合饲料. ①仔稚鱼の营养要求と初期饵料. 养殖, 25(9): 116—

金泽昭夫, 1988b. ヒラメの营养要求と配合饲料. ③幼、成魚の营养要求と配合饲料. 养殖, 25(12): 106—109

彼得·泰得勒著, 王安利译, 1992. 鱼类能量学新观点. 天津: 科技翻译出版公司, 114

Izquierdo M S, Arakawa T, Takeuchi T *et al*, 1992. Effect of n-3HUFA levels floels in Artemia on growth of larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 105: 73—82

PRIMARY STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN ABSORPTION OF N-3HUFA AND GROWTH IN THE LEFTEYE YOUNG FLOUNDER *PARALICHTHYS OLIVAEUS* (T. ET S.)

LIU Hong-jie, MAO Xing-hua

(First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao, 266003)

Abstract In this study five groups of the juveniles (body length 6.0—8.0cm) of the lefteye young flounder [*Paralichthys olivaeus* (T. et S.)] were fed with artificial diets consisting of the Peru fish meal (content 80%) and dixtrim (content 20%) as the main material and 0.0%, 0.60%, 1.20%, 1.80% and 2.40% of n-3HUFA were added into the diets, respectively. The experiment lasted for 35 days and the results are given as follows:

(1) With an increase in the n-3HUFA content in the diets, the rates of the daily increase in body weight and the rates of diet efficiency of all the young showed an ascending tendency. When the addition of n-3HUFA to the diet amounted to 2.4%, the daily rate of the weight increase for the flounders increased from 1.14% of the control group (without addition of n-3HUFA) to 1.76%, and the diet efficiency increased from 43.73% for the control group to 74.52%, the daily increase in body weight of the flounder increased, respectively, 54.4% and 70.5% as compared with those of the control group. Hence, n-3HUFA can effectively promote the growth of the young flounders and enhance the diet efficiency. As to the appropriate amount of addition of the n-3HUFA to the diets, the experiment showed that the flounders did not show any bad reaction and both the rate of daily body weight increase and the diet efficiency showed a positive effect.

(2) In the livers of the juvenile flounders, the relative percentage content of n-3HUFA showed an ascending tendency with the increase of n-3HUFA in the diet. When the addition of n-3HUFA reached 2.4%, the content of n-3HUFA, EPA and DHA increased, respectively, by 47.4%, 19.2% and 60.7%, as compared with those of the control group. The positive casulation between the DHA content and that of n-3HUFA in the diet was apparently greater than that of EPA, showing a close relationship between DHA and the growth of the flounder.

(3) Along with an increase in the n-3HUFA content in the diet, the apparent digestive and absorptive rates of n-3HUFA of the juvenile flounders showed a descending tendency. When the addition of n-3HUFA reached 2.4%, the apparent digestive and absorptive rates of DHA of the flounder dropped from 87.20% for the control group to 77.85%, but those of the EPA and DHA of

the same diet group were very close to each other. When the addition of n-3HUFA to the diet was over 0.6%, the increase of the relative percentage content of n-3HUFA in the livers of the flounder began to drop. Because the feeding rates of the flounders in the four diet groups were similar, the drop of the relative percentage content of n-3HUFA in the livers should be directly related to the drop of the digestive and absorptive rates of n-3HUFA of the flounders.

Key words *Paralichthys olivaeus* (T. et S.) larvae n-3HUFA Daily rates of the weight increase Diet efficiency rates

Subject classification number S963

《海洋与湖沼》学报历年获奖目录

1988年	山东省科协优秀科技期刊	一等奖
1990年	中国科学院优秀自然科学期刊	二等奖
1991年	山东省科委、山东省新闻出版局、山东省科协 优秀科技期刊(总分第一名)	一等奖
1992年	中国科学院优秀科技期刊	二等奖
1992年	中国科协优秀科技期刊	一等奖
1992年	国家科委、中宣部、国家新闻出版署优秀科技 期刊	二等奖
1994年	华东区优秀科技期刊	一等奖
1996年	山东省科委、山东省新闻出版局、山东省科协 科技期刊质量评估	优秀级
1996年	山东科技期刊编辑学会	先进集体奖
1997年	中国科协优秀科技期刊	二等奖
1997年	国家科委、中宣部、国家新闻出版署优秀科技 期刊	三等奖