

饲料中 n-3 高度不饱和脂肪酸含量对花尾胡椒鲷

亲鱼组织的脂质含量和脂肪酸构成的影响

陈伟洲¹, 李远友^{1,2}, 孙泽伟¹, 黄俊辉¹, 杜永兵¹, 谭燕¹

(¹汕头大学海洋生物研究所, 广东汕头 515063; ²广州大学生命科学学院, 广东 广州 510006)

摘要: 以 n-3 高度不饱和脂肪酸 (n-3 HuFA) 含量 (w) 为 1.12%、2.40%、3.70%、5.85% 的 4 种配合饲料或冰鲜杂鱼喂养花尾胡椒鲷 *Plectorhynchus cinctus* 雌亲鱼 1 周年, 研究饲料中 n-3 HuFA 含量对性腺、肌肉和肝胰脏等组织的脂质含量和脂肪酸构成的影响。结果显示, 各组织中的脂质含量在各投喂组之间无显著差异 ($P > 0.05$)。然而, 在 1.12%、2.40% 和 3.70% (w) 投喂组, 其性腺和肌肉脂质中 18:2n-6 二十碳五烯酸 (EPA)、n-3 多不饱和脂肪酸 (n-3 PUFA)、n-3 HuFA 的含量与饲料中相应脂肪酸的含量存在较明显的平行变化趋势; 在性腺脂质中, 1.12%、2.40%、5.85% (w) 投喂组的二十二碳六烯酸 (DHA) 和 1.12% (w) 投喂组的 n-3 PUFA、n-3 HuFA 的含量都显著低于冰鲜杂鱼投喂组 ($P < 0.05$); 在 1.12%、2.40% 和 3.70% (w) 投喂组, 上述 3 种组织中的 n-3 PUFA、n-3 HuFA、DHA 含量以及 DHA/EPA 比值都显著高于饲料中相应脂肪酸的含量和比值 ($P < 0.05$)。结果表明, 花尾胡椒鲷组织中的脂肪酸构成受饲料中 n-3 HuFA 含量影响, 受影响的顺序是性腺 > 肌肉 > 肝胰脏; 组织对 n-3 PUFA 特别是 DHA 具有较强的选择性保留作用, 说明这些脂肪酸在性腺发育成熟中具有重要的生理作用。

关键词: 花尾胡椒鲷亲鱼; n-3 高度不饱和脂肪酸; 组织; 脂肪酸构成

中图分类号: Q959.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2006)01-0096-05

Effects of Dietary n-3 HUFA Levels on Lipid Content and Fatty Acid

Composition in Tissues of *Plectorhynchus cinctus* Broodstock

CHEN Wei-zhou¹, LI Yuan-you^{1,2}, SUN Ze-wei¹, HUANG Jun-hui¹, DU Yong-bing¹, TAN Yan¹

(¹ Marine Biology Institute, Shantou University, Shantou 515063, China;

² School of Life Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acid (n-3 HUFA) content on the lipid content and fatty acid composition in gonad, muscle and hepatopancreas of broodstocks were investigated in *Plectorhynchus cinctus*. Broodstocks were fed trash fish and four formulated diets with 1.12%, 2.40%, 3.70% or 5.85% of n-3 HUFA, respectively, through their reproductive cycle. The lipid content in each tissue showed no significant difference among groups ($P > 0.05$). However, the contents of 18:2n-6, EPA, n-3 PUFA and n-3 HUFA in the lipid of gonad and muscle of fish fed 1.12%-3.70% n-3 HUFA diets were directly influenced by dietary n-3 HUFA levels and exhibited parallel change pattern with the respective dietary levels. In the lipid of gonad, the contents of n-3 PUFA and n-3 HUFA in fish fed 1.12% n-3 HUFA diet, and DHA in fish fed 1.12%, 2.40% and 5.85% n-3 HUFA diets were significantly lower than those in the trash fish group ($P < 0.05$). The contents of n-3 PUFA, n-3 HUFA and DHA, and the DHA/EPA ratio in all the mentioned tissues of fish fed 1.12%-3.70% n-3 HUFA diets were obviously higher than the respective dietary levels ($P < 0.05$). The results showed that the fatty acid composition in tissues of female *P. cinctus* broodstocks could be affected, with the order of gonad > muscle > hepatopancreas, by dietary n-3 HUFA levels. The preferentially retaining of n-3 HUFA, particularly of DHA in the tissues suggests their physiological importance in the gonadal development and maturation.

收稿日期: 2005-05-16

作者简介: 陈伟洲 (1971-), 男, 工程师; 通讯作者: 李远友 (1964-), 男, 教授, 博士, E-mail: ylyl2004@21cn.com

基金项目: 国家自然科学基金 (30070599); 广东省科技计划项目 (2005B20301013)

Key words: *Plectorhynchus cinctus* broodstock; $n-3$ highly unsaturated fatty acids; tissue; fatty acid composition

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.已有研究表明,亲鱼饲料中的必需脂肪酸、特别是 $n-3$ 系列高度不饱和脂肪酸($n-3$ HUFA)是显著影响产卵量及卵和仔鱼质量的主要营养成分之一^[1-4];饲料中的脂肪酸构成明显影响卵的脂肪酸组成和含量,进而影响卵的质量^[5-8].然而,有关饲料脂类成分对亲鱼组织脂肪酸构成的影响报道不多;银大麻哈鱼、金头鲷、大菱鲆等鱼类的研究结果显示,该影响作用与鱼的种类有关^[9-11].近几年来,笔者以我国东南沿海重要的海水养殖鱼类——花尾胡椒鲷 *Plectorhynchus cinctus* 为对象,较系统地研究了饲料中 $n-3$ HUFA 含量对产卵性能的影响及其机制;证明了饲料中的 $n-3$ HUFA 含量明显影响产卵量、卵和仔鱼的质量及其脂肪酸构成^[8, 12-13].本文报道饲料中 $n-3$ HUFA 含量对花尾胡椒鲷性腺、肌肉和肝胰脏的脂质含量和脂肪酸构成的影响,以了解性腺成熟时期鱼体脂肪酸代谢的特点,丰富鱼类营养生理学和生殖生理学内容.

1 材料与方法

1.1 试验饲料

以鱼粉为蛋白源、精制鱼油或猪油为脂肪源,配制蛋白质和脂肪含量、能量基本相等,但 $n-3$ HUFA 含量(w)分别为 1.12% (D1)、2.40% (D2)、3.70% (D3)、5.85% (D4) 的 4 种配合饲料;冰鲜杂鱼 [D5, $w(n-3 \text{ HUFA}) = 3.76\%$] 为对照组饲料.配合饲料每 2 周配制 1 次,按每天的投喂量用塑料袋分装密封;冰鲜杂鱼则 1 次购买可供几个月使用的量.两者都储存于 -20°C 冰柜中备用.饲料 D1 ~ D4 的原料组成和 D1 ~ D5 的生化成分、脂肪酸构成见笔者已发表论文^[8].

1.2 试验鱼和饲养试验

试验鱼为性成熟的花尾胡椒鲷雌鱼,饲养在汕头大学南澳临海实验站的海上网箱中.在 2002 年繁殖期过后,将 90 尾雌亲鱼(体质量 2.21 ~ 2.76 kg)随机分为 5 组,每组 18 尾,分别以饲料 D1 ~ D5 饲养在规格为 2.5 m $\times$ 2.5 m $\times$ 2.0 m 网箱中. D1 ~ D4 组按初始体质量的 1.5%、D5 组按 5% 确定投饲量,每天上午和下午分 2 次定时投喂.饲养期为 2002 年 5 月下旬至 2003 年 4 月底.

1.3 样品收集与脂肪酸构成分析

在每次配制配合饲料或购买冰鲜杂鱼时,各取少量样品保存于 -30°C 冰箱中;在进行生化成分分析前,分别将饲料 D1 ~ D4 的各批样品混合,冰鲜杂

鱼样品则需混合匀浆.

产卵前雌亲鱼的性腺、肝胰脏和体侧白肌样品于 2003 年 4 月底取得(D1 ~ D4 组各 4 尾, D5 组 3 尾).称体质量、性腺和肝胰脏质量后,取样品置液氮中速冻,再保存于 -30°C 冰箱中备用.

采用氯仿/甲醇法提取样品的脂肪,三氟化硼催化法制得脂肪酸甲酯,使用日本岛津 GC-17A 型气相色谱仪进行分析测定.方法同文献[8].根据 Sigma 公司脂肪酸标准品鉴定样品的脂肪酸组成,利用岛津公司提供的 CLASS-GC10 色谱数据工作站,采用面积归一化法求得各脂肪酸的相对含量.

取样雌亲鱼的参数为:D1 ~ D5 组的平均体质量依次为 1.75、1.78、1.87、1.94、2.32 kg,性腺成熟系数的平均值分别为 6.81%、8.35%、9.47%、5.87%、11.07%,肝体系数的平均值分别为 1.05%、1.13%、1.53%、0.91%、1.17%.

1.4 数据分析

数据以平均值 $\pm$ 标准误表示(D1 ~ D4 组 $n = 4$, D5 组 $n = 3$).采用 Tukey 多重比较法检验各组均数之间的差异性,当 $P < 0.05$ 时,认为差异显著.

2 结果

2.1 鱼体组织的脂质含量

在各投喂组雌亲鱼的性腺、肌肉及肝胰脏中,性腺的脂质含量最高(表 1),且明显高于其饲料中的脂质含量(D1 ~ D4 $w(\text{脂质}) = 19.36\% \sim 19.87\%$; D5 $w(\text{脂质}) = 14.21\%$);肌肉中的脂质含量很低(表 2),仅为组织干质量的 3% ~ 4%;肝胰脏的脂质含量中等(表 3),但低于 D1 ~ D4 饲料中的脂质含量.3 种组织中的脂质含量在 D1 ~ D5 组之间都无显著差异($P > 0.05$).

2.2 鱼体组织的脂肪酸构成

性腺、肌肉及肝胰脏脂质中的脂肪酸构成分别见表 1 ~ 3.3 种组织中的脂肪酸都以 16:0、18:1 $n-9$ 和 DHA 的含量最高;此外,肝胰脏中 18:0 的含量也较高.与饲料中相应脂肪酸的含量相比, D1 ~ D3 组性腺和肝胰脏中以及 D1 ~ D4 组肌肉中的二十二碳六烯酸(DHA)、 $n-3$ 多不饱和脂肪酸($n-3$ PUFA)、 $n-3$ HUFA 的含量,还有 DHA/EPA(二十碳五烯酸)比值都明显升高;相反,各组性腺和肌肉中 18:0、饱和脂肪酸(SFA)的含量,以及 D1 ~ D4 组肌肉和 D1 ~ D3 组肝胰脏中 18:1 $n-9$ 、单不饱和脂肪酸(MUFA)的含量都明显降低.

表1 试验雌亲鱼性腺的脂质含量(w)和脂肪酸构成¹⁾

Tab. 1 Lipid content and fatty acid composition of total lipids in gonad of experimental female broodstocks %

脂肪酸 fatty acids	D1	D2	D3	D4	D5
14:0	2.47 ± 0.29a	2.46 ± 0.01a	2.85 ± 0.48a	2.60 ± 0.44a	2.57 ± 0.48a
14:1	...	0.12 ± 0.01a	0.13 ± 0.03a	0.49 ± 0.17a	0.28 ± 0.14a
15:0	...	0.34 ± 0.01a	0.42 ± 0.07a	0.51 ± 0.07a	0.44 ± 0.09a
16:0	19.74 ± 0.28a	16.08 ± 0.62a	16.74 ± 0.42a	19.42 ± 1.41a	19.44 ± 0.44a
16:1	7.62 ± 0.37a	7.15 ± 0.05a	7.47 ± 0.37a	7.19 ± 0.54a	8.63 ± 0.64a
16:3	3.16 ± 0.59a	3.42 ± 0.17a	3.05 ± 0.15a	3.91 ± 0.23a	3.48 ± 0.13a
18:0	5.65 ± 0.01a	4.91 ± 0.18a	5.33 ± 0.79a	7.23 ± 0.58a	6.84 ± 0.88a
18:1n-9	34.30 ± 1.00a	28.83 ± 0.07ab	25.92 ± 0.22bc	25.20 ± 1.71bc	20.35 ± 1.23c
18:2n-6	8.36 ± 1.30a	6.28 ± 0.68ab	7.19 ± 1.12ab	6.63 ± 0.79ab	2.42 ± 0.01b
18:3n-3	...	0.61 ± 0.12a	1.65 ± 0.80a	0.39 ± 0.22a	0.20 ± 0.02a
18:4n-3	1.47 ± 0.22a	2.30 ± 0.04a	1.58 ± 0.59a	1.57 ± 0.41a	1.89 ± 0.09a
20:1	1.09 ± 0.22a	2.34 ± 0.08a	2.63 ± 0.06a	1.81 ± 0.61a	1.04 ± 0.07a
20:4n-6	0.01a ³⁾	1.05 ± 0.12a	1.22 ± 0.48a	1.37a ³⁾	1.28 ± 0.23a
20:5n-3 (EPA)	3.29 ± 0.29a	4.84 ± 0.41a	5.69 ± 0.52a	5.76 ± 0.78a	5.33 ± 0.15a
22:6n-3 (DHA)	12.55 ± 1.09b	14.85 ± 0.7b	15.43 ± 2.56ab	14.85 ± 0.17b	22.73 ± 0.37a
其他 others	0.29 ± 0.07a	1.07 ± 0.39a	1.10 ± 0.26a	1.55 ± 0.33a	0.82 ± 0.42a
ΣSFA ²⁾	28.95 ± 0.34ab	25.34 ± 1.02b	26.47 ± 1.00ab	30.59 ± 0.68a	30.13 ± 0.80a
ΣMUFA ²⁾	41.92 ± 0.63a	36.90 ± 0.18ab	34.78 ± 0.99bc	33.85 ± 1.24bc	29.45 ± 1.53c
Σn-3 PUFA ²⁾	17.31 ± 1.59b	25.96 ± 1.19ab	26.19 ± 2.75ab	22.78 ± 1.93ab	32.43 ± 0.03a
Σn-6 PUFA	8.37 ± 1.30a	7.31 ± 0.57ab	8.41 ± 0.64a	7.32 ± 0.10ab	3.69 ± 0.22b
n-3 PUFA: n-6 PUFA	2.15 ± 0.52b	3.58 ± 0.44b	3.16 ± 0.57b	3.12 ± 0.31b	8.81 ± 0.53a
Σn-3 HUFA ²⁾	15.84 ± 1.37b	19.69 ± 1.11ab	21.12 ± 2.04ab	20.60 ± 2.35ab	28.05 ± 0.21a
DHA: EPA ²⁾	3.81 ± 0.00a	3.08 ± 0.12a	2.78 ± 0.71a	3.00 ± 1.11a	4.27 ± 0.19a
w(脂质 lipids) ⁴⁾	30.25 ± 2.71a	28.33 ± 2.34a	29.81 ± 2.58a	26.30 ± 1.46a	28.92 ± 0.10a

1) 脂肪酸构成:指占总脂肪酸比例,同行具不同字母者差异显著(Tukey 多重比较, $P < 0.05$); 2) EPA:二十碳五烯酸,DHA:二十二碳六烯酸,SFA:饱和脂肪酸,MUFA:单不饱和脂肪酸,PUFA:多不饱和脂肪酸,HUFA:高度不饱和脂肪酸; 3) 无标准误,说明该脂肪酸只在一个样品中检出; 4) 干质量

表2 试验雌亲鱼肌肉的脂质含量(w)和脂肪酸构成¹⁾

Tab. 2 Lipid content and fatty acid composition of total lipids in muscle of experimental female broodstocks %

脂肪酸 fatty acids	D1	D2	D3	D4	D5
14:0	1.25 ± 0.25	0.92 ± 0.10	1.24 ± 0.30	1.69 ± 0.68	1.64 ± 0.44
16:0	21.87 ± 1.84	21.42 ± 0.92	19.87 ± 0.23	20.74 ± 0.97	22.37 ± 2.22
16:1	2.75 ± 0.05	2.76 ± 0.19	2.64 ± 0.40	3.26 ± 0.66	4.30 ± 0.15
16:3	1.09 ± 0.13	1.76 ± 0.43	1.13 ± 0.33	0.59 ± 0.40	0.80 ± 0.21
18:0	6.59 ± 0.11	7.18 ± 0.34	6.72 ± 0.99	6.75 ± 0.12	6.81 ± 0.12
18:1n-9	19.85 ± 2.48	18.19 ± 1.60	17.54 ± 0.91	17.79 ± 2.38	19.71 ± 2.39
18:2n-6	6.93 ± 0.35	6.60 ± 0.77	3.88 ± 0.48	4.80 ± 0.37	2.37 ± 2.30
20:4n-6	1.90 ± 0.80	2.35 ± 0.76	2.06 ± 0.49	1.79 ± 1.16	2.40 ± 0.97
20:5n-3 (EPA)	2.77 ± 0.31	4.39 ± 0.13	4.50 ± 0.74	4.79 ± 1.62	4.34 ± 0.34
22:5n-3	1.67 ± 1.31	2.34 ± 0.36	2.37 ± 0.12	1.44 ± 0.55	0.97 ± 0.95
22:6n-3 (DHA)	30.69 ± 1.91	30.07 ± 1.06	34.74 ± 0.86	33.01 ± 1.16	32.13 ± 3.25
其他 others	2.63 ± 0.45	2.04 ± 0.36	2.86 ± 0.52	2.56 ± 1.04	2.57 ± 0.33
ΣSFA ²⁾	29.70 ± 1.47	29.52 ± 1.16	27.83 ± 0.46	29.18 ± 0.17	30.81 ± 1.66
ΣMUFA ²⁾	22.61 ± 2.54	20.95 ± 1.78	20.62 ± 1.76	21.85 ± 3.84	24.01 ± 2.25
Σn-3 PUFA ²⁾	35.14 ± 0.30	36.79 ± 0.57	41.61 ± 1.48	39.23 ± 2.23	37.44 ± 2.64
Σn-6 PUFA	8.83 ± 0.45	8.95 ± 0.01	5.94 ± 0.01	6.58 ± 0.79	4.77 ± 1.32
n-3 PUFA: n-6 PUFA	3.99 ± 0.17	4.11 ± 0.07	7.00 ± 0.24	6.00 ± 0.38	8.67 ± 2.96
Σn-3 HUFA ²⁾	33.46 ± 1.61	34.46 ± 0.93	39.24 ± 1.59	37.80 ± 2.78	36.47 ± 3.59
DHA: EPA ²⁾	11.29 ± 1.94	6.87 ± 0.44	7.89 ± 1.10	7.70 ± 2.36	7.40 ± 0.17
w(脂质 lipids) ³⁾	3.10 ± 0.30	2.95 ± 0.44	3.24 ± 0.01	4.12 ± 0.92	3.67 ± 0.17

1) 脂肪酸构成:指占总脂肪酸比例,同行数据,差异不显著(Tukey 多重比较, $P > 0.05$); 2) EPA:二十碳五烯酸,DHA:二十二碳六烯酸,SFA:饱和脂肪酸,MUFA:单不饱和脂肪酸,PUFA:多不饱和脂肪酸,HUFA:高度不饱和脂肪酸; 3) 干质量

性腺脂质中许多脂肪酸的含量变化较好地反映了饲料中脂肪酸的含量变化. 其中, D1 ~ D3 组性腺中 18:1*n*-9、18:2*n*-6、EPA、DHA、MUFA、*n*-3 PUFA、*n*-3 HUFA 的含量都与其饲料中相应脂肪酸的含量存在着较明显的平行变化趋势;但是, D4 组性腺中上述脂肪酸的含量没有显示出相同的变化趋势. 此外, 性腺中许多脂肪酸的含量存在显著的组间差异性(表1). 其中, D1 组的 18:2*n*-6、D1 和 D2 组的 18:1*n*-9、MUFA 的含量都显著高于 D5 组;相反, D1、D2、D4 组的 DHA, 以及 D1 组的 *n*-3 PUFA 和 *n*-3

HUFA 的含量都显著低于 D5 组.

D1 ~ D3 组肌肉中 18:2*n*-6、EPA、*n*-3 PUFA、*n*-6 PUFA、*n*-3 HUFA 的含量和 *n*-3 PUFA/*n*-6 PUFA 比值也与其饲料中相应脂肪酸的含量和比值存在较明显的平行变化趋势;但是, 肌肉中各脂肪酸的含量在各组间无显著差异(表2).

肝胰脏中的脂肪酸含量与其饲料中的脂肪酸含量没有明显的平行变化趋势;除 DHA/EPA 比值外, 各脂肪酸的含量在 D1 ~ D5 组之间也无显著差异(表3).

表 3 试验雌亲鱼肝胰脏的脂质含量(*w*)和脂肪酸构成¹⁾
Tab. 3 Lipid content and fatty acid composition of total lipids in hepatopancreas of experimental female broodstocks %

脂肪酸 fatty acids	D1	D2	D3	D4	D5
14:0	1.04 ± 0.05a	0.53 ± 0.37a	2.84 ± 0.33a	2.14 ± 0.88a	2.01 ± 0.68a
16:0	23.26 ± 0.55a	25.29 ± 0.48a	32.84 ± 2.17a	24.87 ± 0.41a	33.48 ± 2.76a
16:1	4.67 ± 0.42a	3.54 ± 0.82a	5.36 ± 0.29a	5.09 ± 0.30a	6.68 ± 1.48a
18:0	12.16 ± 0.47a	15.59 ± 1.82a	15.86 ± 3.01a	12.22 ± 0.18a	14.66 ± 1.28a
18:1 <i>n</i> -9	23.13 ± 0.97a	22.72 ± 2.50a	24.75 ± 0.34a	24.05 ± 2.49a	24.82 ± 4.11a
18:2 <i>n</i> -6	3.77 ± 0.86a	2.68 ± 1.25a	3.35 ± 0.83a	2.63 ± 1.48a	0.63 ± 0.12a
20:1	...	...	0.87a ³⁾	1.58a ³⁾	...
20:4 <i>n</i> -6	1.35 ± 0.17a	1.52 ± 0.23a	2.04 ± 0.15a	1.33 ± 0.05a	0.71 ± 0.04a
20:5 <i>n</i> -3 (EPA)	3.87 ± 0.28a	3.61 ± 0.28a	4.43 ± 0.35a	4.65 ± 1.20a	1.28 ± 0.25a
22:6 <i>n</i> -3 (DHA)	25.74 ± 1.39a	25.51 ± 2.58a	21.96 ± 2.43a	22.22 ± 5.02a	20.05 ± 2.05a
其他 others	0.02a ³⁾	...	0.69a ³⁾	...	...
ΣSFA ²⁾	36.46 ± 0.13a	41.41 ± 1.93a	37.03 ± 2.45a	39.23 ± 1.11a	50.15 ± 4.71a
ΣMUFA ²⁾	27.80 ± 0.55a	26.27 ± 3.32a	30.55 ± 0.19a	29.94 ± 3.59a	31.50 ± 5.59a
Σ <i>n</i> -3 PUFA ²⁾	29.61 ± 1.11a	29.12 ± 2.86a	26.39 ± 3.12a	26.87 ± 6.22a	17.69 ± 9.64a
Σ <i>n</i> -6 PUFA	5.11 ± 0.68a	4.20 ± 1.47a	4.37 ± 1.85a	3.96 ± 1.53a	1.33 ± 0.74a
<i>n</i> -3 PUFA: <i>n</i> -6 PUFA	5.93 ± 0.73a	6.92 ± 1.44a	6.24 ± 0.87a	6.76 ± 0.91a	13.41 ± 4.57a
Σ <i>n</i> -3 HUFA ²⁾	29.61 ± 1.11a	29.12 ± 2.86a	26.39 ± 3.12a	26.87 ± 6.22a	17.69 ± 9.64a
DHA: EPA ²⁾	6.71 ± 0.84b	7.06 ± 0.16b	4.96 ± 0.18b	4.82 ± 0.16b	15.38 ± 1.02a
<i>w</i> (脂质 lipids) ³⁾	14.55 ± 0.96a	13.60 ± 2.54a	13.18 ± 0.16a	16.42 ± 2.89a	16.46 ± 0.81a

1) 脂肪酸构成:指占总脂肪酸比例,同行具不同字母者差异显著(Tukey 多重比较, $P < 0.05$); 2) EPA:二十碳五烯酸, DHA:二十二碳六烯酸, SFA:饱和脂肪酸, MUFA:单不饱和脂肪酸, PUFA:多不饱和脂肪酸, HUFA:高度不饱和脂肪酸; 3) 无标准误,说明该脂肪酸只在一个样品中检出; 4) 干质量

3 讨论

组织中的脂肪酸构成由饲料成分、鱼体对脂类的消化吸收和代谢作用等因素决定. 本研究结果显示,在花尾胡椒鲷雌亲鱼的性腺、肌肉和肝胰脏脂质中,16:0、18:1*n*-9 和 DHA 含量最高,说明这些脂肪酸在组织细胞中起着重要的结构和生理功能作用. 由于 16:0 和 18:1*n*-9 在饲料中的含量也最高,它们在组织中含量高说明鱼体对其有较好的消化吸收作用. 3 种组织中 *n*-3 PUFA、*n*-3 HUFA、DHA 的含量,以及 DHA/EPA 比值都比饲料中相应脂肪酸的含量高,说明鱼体组织对这些脂肪酸具有较强的选择性

保留作用,也说明它们具有重要的生理作用. 相反,性腺和肌肉中 18:0 的含量明显低于其饲料中含量;这可能与鱼类对 18:0 的消化吸收能力较低有关^[14],或 18:0 作为主要能源物质被消耗了. 本研究中,*n*-3 HUFA 含量(*w*)分别为 1.12%、2.40% 和 3.70% 的饲料组性腺和肌肉中 18:0 含量降低是其 SFA 含量明显降低的主要原因;同样,肌肉和肝胰脏中 18:1*n*-9 含量降低也是其 MUFA 含量明显降低的原因. 本研究的 4 个处理组饲料中都无二十碳四烯酸(AA),18:3*n*-3 含量也很低^[8];但是,以这些饲料喂养 1 周年的雌亲鱼,其性腺、肌肉和肝胰脏中都可以检测到一定量的 AA. 说明 AA 可能由 18:2*n*-6 等脂肪酸转

化而来,或是从喂养试验开始前的鱼体组织中保留下来的;也说明 AA 具有重要的生理作用^[14].事实上,对虹鳟的研究表明,在 18:3n-3 缺乏的情况下,18:2n-6 可更加活跃地延长为 AA^[7, 14].

在性腺、肌肉和肝胰脏等组织中,性腺和肌肉脂质中 18:2n-6、EPA、n-3 PUFA、n-3 HUFA 等脂肪酸的含量与其饲料中相应脂肪酸的含量存在着较明显的平行变化趋势,并且性腺脂质中许多脂肪酸的含量还存在显著的组间差异性.这些说明,鱼体组织的脂肪酸构成明显受饲料脂肪酸组成的影响,受影响的顺序是性腺>肌肉>肝胰脏.这与笔者曾报道的花尾胡椒鲷卵和初孵仔鱼的脂肪酸构成反映其饲料的脂肪酸组成的研究结果一致^[8].性腺和卵的脂肪酸构成反映其雌亲鱼饲料的脂肪酸组成的研究结果也在其他鱼类有过报道^[10, 15-16].本研究中,肝胰脏脂质中的脂肪酸含量受饲料脂肪酸水平的影响不大,这与在虹鳟中的报道结果^[7]一致.这说明,肝胰脏是脂类代谢的主要器官之一,它对许多脂肪酸具有较强的选择性保留作用;肝胰脏比性腺和肌肉具有更强的脂肪生成作用^[16].

本研究中,以 4 个处理组饲料喂养 1 年的雌亲鱼,其体质量普遍下降,说明这些配合饲料不是很适合雌亲鱼的营养需要,有必要进一步调整饲料配方.以 w (n-3 HUFA) 为 1.12% 的配合饲料喂养的雌亲鱼,其性腺脂质中 DHA、n-3 PUFA、n-3 HUFA 的含量都显著低于冰鲜杂鱼喂养组.这与前者的产卵量及卵子质量明显低于后者的结果^[8, 12-13]一致.这提示性腺脂质中 n-3 HUFA、特别是 DHA 含量不足可能是雌亲鱼产卵性能降低的主要原因之一.

参考文献:

- [1] IZQUIERDO M S, FERNANDEZ-PALACIOS H, TACON A G J. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish[J]. Aquaculture, 2001, 197: 25-42.
- [2] 李远友,孙泽伟,陈伟洲,等.海水养殖亲鱼的营养研究动态[J].海洋科学,2001,25(1):20-22.
- [3] 常青,梁萌青,薛华,等.亲鱼营养的研究进展[J].海洋水产研究,2002,23(2):65-71.
- [4] WATANABE T, VASSALLO-AGIUS R. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan[J]. Aquaculture, 2003, 227: 35-61.
- [5] ABI-AYAD S M E A, MELARD C, KASTEMONT P. Effects of n-3 fatty acids in Eurasian perch broodstock diet on egg fatty acid composition and larvae stress resistance [J]. Aquacult Int, 1997, 5: 161-168.
- [6] BELL J G, FARNDAL B M, BRUCE M P, et al. Effects of broodstock dietary lipid on fatty acid compositions of eggs from sea bass (*Dicentrarchus labrax*) [J]. Aquaculture, 1997, 149: 107-119.
- [7] VASSALLO-AGIUS R, WATANABE T, YOSHIZAKI G, et al. Quality of eggs and spermatozoa of rainbow trout fed an n-3 EFA deficient diet and its effects on the lipid and fatty acid components of eggs, semen and livers[J]. Fish Sci, 2001, 67: 818-827.
- [8] LI Yuan-you, CHEN Wei-zhou, SUN Ze-wei, et al. Effects of n-3 HUFA content in broodstock diet on spawning performance and fatty acid composition of eggs and larvae in *Plectorhynchus cinctus* [J]. Aquaculture, 2005, 245: 263-272.
- [9] HARDY R W, MATSUMOTO T, FAIRGRIEVE W T, et al. The effects of dietary lipid source on muscle and egg fatty acid composition and reproductive performance of Coho salmon *Oncorhynchus kisutch* [C]//TAKEDA M, WATANABE T. The current status of fish nutrition in aquaculture: Proc Third Int Symp on Feeding and Nutr in Fish. Tokyo: Japan Translation Center, 1990: 347-356.
- [10] HAREL M, TANDLER A, KISSIL G W M, et al. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead sea bream *Sparus aurata* females and subsequent effects on egg composition and egg quality [J]. Br J Nutr, 1994, 72: 45-58.
- [11] HEMRE G I, MANGOR-JENSEN A, LIE O. Broodstock nutrition in turbot *Scophthalmus maximus* effect of dietary vitamin E [J]. Fiskeridir Skr Ser Ernaer, 1994, 8: 21-29.
- [12] 李远友,陈伟洲,孙泽伟,等.饲料中 n-3 HUFA 含量对花尾胡椒鲷亲鱼的生殖性能及血浆性类固醇激素水平季节变化的影响[J].动物学研究,2004,25(3):249-255.
- [13] 李远友,孙泽伟,陈伟洲,等.亲鱼营养状况对花尾胡椒鲷仔鱼存活率的影响[J].汕头大学学报:自然科学版,2004,19(4):33-37.
- [14] CABALLERO M J, OBACH A, ROSEN LUND G, et al. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture, 2002, 214: 253-271.
- [15] FERNÁNDEZ-PALACIOS H, IZQUIERDO M S, ROBAINA L, et al. Effect of n-3 HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) [J]. Aquaculture, 1995, 132: 325-337.
- [16] RODRÍGUEZ C, CEJAS J R, MARTÍN M V, et al. Influence of n-3 highly unsaturated fatty acid deficiency on the lipid composition of broodstock gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and on egg quality [J]. Fish Physiol Biochem, 1998, 18: 177-187.

【责任编辑 柴 焰】