

文章编号: 1674-5566(2011)02-0238-06

## 野生褐牙鲂亲鱼不同卵巢发育期脂肪和脂肪酸组成的分析与比较

王际英<sup>1</sup>, 苗淑彦<sup>2</sup>, 李宝山<sup>1</sup>, 王世信<sup>1</sup>, 黄炳山<sup>1</sup>, 张利民<sup>1</sup>

(1. 山东省海洋水产研究所, 山东 烟台 264006; 2. 山东升索渔用饲料研究中心, 山东 烟台 264006)

**摘要:**为探讨牙鲂亲鱼性腺发育和脂肪酸的关系,采用气相色谱法测定了野生褐牙鲂亲鱼在性腺发育不同阶段的肌肉、肝脏和卵的脂肪和脂肪酸组成。结果表明:牙鲂亲鱼肌肉、肝脏和卵中的脂肪含量差异显著,其中Ⅲ-Ⅳ期亲鱼肝脏脂肪含量显著低于Ⅴ期亲鱼;Ⅲ-Ⅳ期及Ⅴ期牙鲂亲鱼各组织中的脂肪酸组成均有差异,以多不饱和脂肪酸(PUFA)的差异较为显著。Ⅴ期卵的脂肪酸组成中含有大量的n-3HUFA,EPA、DPA和DHA的比例也显著高于发育同期的其它组织;Ⅲ-Ⅳ期亲鱼肝脏中DHA/EPA的比例显著高于Ⅴ期亲鱼,卵中EPA/ARA的比例显著低于Ⅴ期亲鱼。从以上结果可以看出,PUFA与牙鲂亲鱼的性腺发育关系较为密切,为了保证牙鲂亲鱼正常的繁殖需要,在亲鱼培育过程中,需要补充含有适量高不饱和脂肪酸,尤其是DHA、EPA和ARA的脂肪源。

**研究亮点:**采用气相色谱法测定了野生褐牙鲂亲鱼在性腺发育不同阶段的肌肉、肝脏和卵的脂肪和脂肪酸组成,并比较了不同发育期各组织间的脂肪和脂肪酸组成差异,初步分析了引起差异的可能原因,确定了高不饱和脂肪酸,尤其是DHA、EPA和ARA等脂肪酸在牙鲂亲鱼卵巢发育成熟过程中的重要作用。

**关键词:**褐牙鲂;野生亲鱼;卵巢发育;脂肪;脂肪酸

**中图分类号:**S 917

**文献标识码:**A

多数鱼类在性腺发育前积累的大量脂类,除了提供能量外,还是生殖细胞发育过程中必需储存的重要能源和结构物质,其中的必需脂肪酸(EFA),特别是n-3高度不饱和脂肪酸(n-3HUFA)是组成生物膜的重要结构组分和转运因子,它对胚胎发育进程及早期仔鱼的存活至关重要<sup>[1-3]</sup>。

褐牙鲂(*Paralichthys olivaceus*)主要分布于中国、朝鲜及日本沿海,是我国重要的海水养殖经济鱼类。本研究通过分析野生牙鲂亲鱼肌肉、肝脏和卵的脂肪和脂肪酸组成,研究其在卵巢发育过程中的变化,为评估牙鲂在卵巢发育过程中对脂类的需求提供理论支持,并为优化牙鲂亲鱼培育期间的营养需求和养殖方式提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

##### 1.1.1 亲鱼样品的采集与处理

根据牙鲂的繁殖规律,于2008年4-6月在山东近海(119.35~121.28E,35.27~36.47N)采集野生牙鲂亲鱼,随机选取卵巢发育Ⅲ-Ⅳ期和Ⅴ期的亲鱼各8尾,测量体长(41~47 cm)、体重(2317.4~3198.2 g),解剖牙鲂后取背部肌肉、肝脏及卵,迅速置于-80℃超低温冰箱冷冻保存。

性腺成熟度的划分方法参照渔业资源与渔场学<sup>[4]</sup>。本研究中,将性腺发育处于Ⅲ期和Ⅳ期之间的亲鱼,定为Ⅲ-Ⅳ期亲鱼。

收稿日期: 2010-08-15 修回日期: 2010-12-15

基金项目: 国家重点行业公益项目(农业部 nyhyzx07-046)

作者简介: 王际英(1965-),女,研究员,主要从事水生动物营养与饲料学方面的研究。E-mail: ytwjy@126.com

通讯作者: 张利民, E-mail: zhanglimin@126.com

### 1.1.2 试剂

标准脂肪酸甲酯(美国 SUPELCO 公司),色谱纯正己烷,其它为国产分析纯。

### 1.1.3 仪器

GC2010 气相色谱仪,带 AOC-12 自动进样器(日本岛津公司),100 m×0.25 mm×0.2 μm SP-2560 气相毛细管柱(美国 SUPELCO 公司)。

## 1.2 方法

### 1.2.1 样品前处理

样品经真空冷冻干燥后,在液氮中磨碎,用以测定脂肪酸。

### 1.2.2 脂肪酸测定方法

脂肪酸含量测定参照 METCALFE 等<sup>[5]</sup>的方法并略作改进。色谱条件:进样口温度为 260 ℃,载气纯度为 99.99% 高纯氮,柱流速为 1.8 mL/min,柱前压为 357.4 kPa,柱起始温度为 140 ℃,保持 5 min,以 4 ℃/min 升至 240 ℃,保持 10 min。分流进样 1 μL,分流比为 90:1。监测器温度为 260 ℃。采用面积归一法计算脂肪酸相对百分含量(%)。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 11.0 和 Windows 对数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA),结果用平均数±标准差(M±SD)表示。若存在显著差异,则应用 Tukey 多重比较法确定组间差异,当  $P < 0.05$  时,表示差异显著。

## 2 结果

### 2.1 总脂含量

对组织中总脂含量的测定结果见图 1。结果表明:肌肉(3.21%~3.63%)、肝脏(27.85%~40.15%)和卵(16.29%~16.88%)中的脂肪平均含量差异显著,以肝脏中脂肪含量最高( $P < 0.05$ );V 期亲鱼肌肉及卵中脂肪含量与 III-IV 期亲鱼无显著差异( $P \geq 0.05$ ),但 III-IV 期亲鱼肝脏脂肪含量显著低于 V 期亲鱼。

### 2.2 牙鲈亲鱼主要组织的脂肪酸组成

对牙鲈亲鱼的肌肉、肝脏和卵中的脂肪酸组成进行了测定,测定结果见表 1、表 2 及表 3。结果表明,几种组织中主要有 22 种脂肪酸,其中有 5 种饱和脂肪酸(SFA),8 种单不饱和脂肪酸(MUFA),9 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。在各组织中,占主要比例的脂肪酸为 C16:0、C18:0、

C16:1n-7、C18:1n-9、C20:5n-3(EPA)和 C22:6n-3(DHA)。肌肉和卵中,PUFA 含量较高,其次是 SFA, MUFA 含量最低,富含 n-3PUFA,缺乏 n-6PUFA;而在肝脏中的情况略有不同, MUFA 含量最高,其次是 SFA, PUFA 含量最低,以 n-9PUFA 含量最高, n-6PUFA 含量最低。

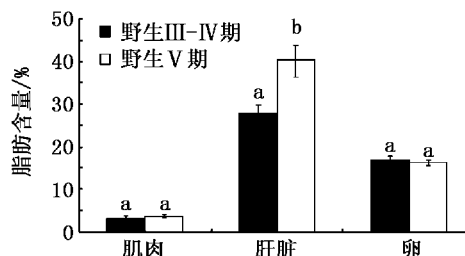


图 1 牙鲈亲鱼各组织脂肪含量  
Fig. 1 Lipid contents of muscle, liver and egg of *Paralichthys olivaceus* broodstocks

注:粗脂肪的含量折合为占干重比例(%)。

牙鲈亲鱼的肝脏与肌肉和卵两种组织相比,主要脂肪酸组成比例差别较大。但在不同的卵发育期,除 C16:1n-7、C18:1n-9、C20:1n-7、C20:3n-3、ARA、EPA 和 DHA 等几种脂肪酸外,同一组织中其余脂肪酸比例没有明显差别;同时, V 期卵的脂肪酸组成中含有大量的 n-3HUFA,以及 EPA、DPA 和 DHA 的比例显著高于发育同期的其它组织。

#### 2.2.1 亲鱼肌肉的脂肪酸分析

III-IV 期亲鱼肌肉中, C14:0、C16:1n-7、C18:1n-9、C18:2n-6 和 DPA 含量显著低于 V 期亲鱼,而 C17:1n-7、C18:1n-7、C20:1n-7、C22:1n-9 和 DHA 的含量显著高于 V 期亲鱼; III-IV 期亲鱼肌肉中  $\Sigma$  n-3 PUFA 高于 V 期亲鱼,而  $\Sigma$  n-6 PUFA 低于 V 期亲鱼。 $\Sigma$  SFA、 $\Sigma$  MUFA 和  $\Sigma$  PUFA 在两期亲鱼肌肉中的含量没有显著差异;两期亲鱼肌肉中 DHA/EPA 和 EPA/ARA 比例也没有显著差异(表 1)。

#### 2.2.2 亲鱼肝脏的脂肪酸分析

III-IV 期亲鱼肝脏中, C16:0、C18:0、C16:1n-7、C22:1n-9、C20:3n-3、ARA、EPA、DPA 和 DHA 含量显著低于 V 期亲鱼,而 C18:1n-9 和 C18:3n-3 的含量显著高于 V 期亲鱼; III-IV 期亲鱼肝脏中,  $\Sigma$  n-3 PUFA 和  $\Sigma$  n-6 PUFA 的含量显著低于 V 期亲鱼,  $\Sigma$  n-9 PUFA 的含量显著高于 V

期亲鱼,  $\Sigma$ SFA 和  $\Sigma$ PUFA 显著低于 V 期亲鱼, 而  $\Sigma$ MUFA 显著高于 V 期亲鱼; III - IV 期亲鱼肝脏中 DHA/EPA 的比例显著高于 V 期亲鱼(表 2)。

表 1 亲鱼肌肉的脂肪酸组成

Tab.1 Fatty acid compositions in muscle of *Paralichthys olivaceus* broodstocks

脂肪酸种类	III - IV 期	V 期	脂肪酸种类	III - IV 期	V 期
C14:0	1.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	C18:3n-3	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>
C15:0	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	C20:2n-6	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>
C16:0	20.2 ± 0.5 <sup>a</sup>	20.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	C20:3n-3	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>
C17:0	0.4 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.03 <sup>a</sup>	ARA	2.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>a</sup>
C18:0	6.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	6.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	C22:2n-6	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>
$\Sigma$ SFA	28.7 ± 0.6 <sup>a</sup>	29.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	EPA	5.1 ± 0.7 <sup>a</sup>	5.2 ± 0.3 <sup>a</sup>
C16:1n-9	0.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.47 ± 0.0 <sup>a</sup>	DPA	2.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.3 <sup>b</sup>
C16:1n-7	4.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	DHA	24.0 ± 1.1 <sup>b</sup>	21.7 ± 0.4 <sup>a</sup>
C17:1n-7	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	$\Sigma$ PUFA	36.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	36.5 ± 0.2 <sup>a</sup>
C18:1n-9	10.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	11.3 ± 0.2 <sup>b</sup>	$\Sigma$ n-3 PUFA	32.2 ± 0.6 <sup>b</sup>	30.7 ± 0.3 <sup>a</sup>
C18:1n-7	2.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	$\Sigma$ n-6 PUFA	4.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	5.9 ± 0.2 <sup>b</sup>
C20:1n-7	1.2 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	$\Sigma$ n-9 PUFA	11.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	12.2 ± 0.2 <sup>a</sup>
C22:1n-9	0.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	$\Sigma$ n-3/ $\Sigma$ n-6	7.3 ± 0.5 <sup>b</sup>	5.2 ± 0.2 <sup>a</sup>
C24:1n-9	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	DHA/EPA	4.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.3 <sup>a</sup>
$\Sigma$ MUFA	20.2 ± 0.6 <sup>a</sup>	20.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	EPA/ARA	2.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>a</sup>
C18:2n-6	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>b</sup>			

注:表中数值以  $M \pm SD$  表示,  $n=8$ ; 其中,  $\Sigma$ SFA 为饱和脂肪酸含量总和,  $\Sigma$ MUFA 为单不饱和脂肪酸含量总和,  $\Sigma$ PUFA 为多不饱和脂肪酸总和。同一行中上标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 2 亲鱼肝脏的脂肪酸组成

Tab.2 Fatty acid compositions in live of *Paralichthys olivaceus* broodstocks

脂肪酸种类	III - IV 期	V 期	脂肪酸种类	III - IV 期	V 期
C14:0	2.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	C18:3n-3	0.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>
C15:0	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	C20:2n-6	0.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>
C16:0	21.4 ± 0.4 <sup>a</sup>	22.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	C20:3n-3	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.1 <sup>b</sup>
C17:0	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	ARA	1.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.2 <sup>b</sup>
C18:0	3.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.3 <sup>b</sup>	C22:2n-6	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>
$\Sigma$ SFA	28.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	30.0 ± 0.4 <sup>b</sup>	EPA	2.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.3 ± 0.4 <sup>b</sup>
C16:1n-9	1.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	DPA	1.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.3 <sup>b</sup>
C16:1n-7	7.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	9.1 ± 0.3 <sup>b</sup>	DHA	9.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	9.5 ± 0.6 <sup>b</sup>
C17:1n-7	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	$\Sigma$ PUFA	17.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	20.8 ± 0.2 <sup>b</sup>
C18:1n-9	25.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	21.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	$\Sigma$ n-3 PUFA	14.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	16.7 ± 0.5 <sup>b</sup>
C18:1n-7	4.9 ± 0.5 <sup>a</sup>	5.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	$\Sigma$ n-6 PUFA	2.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.3 <sup>b</sup>
C20:1n-7	2.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.0 <sup>a</sup>	$\Sigma$ n-9 PUFA	28.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	23.8 ± 0.5 <sup>a</sup>
C22:1n-9	0.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.0 <sup>b</sup>	$\Sigma$ n-3/ $\Sigma$ n-6	5.3 ± 0.3 <sup>b</sup>	4.1 ± 0.4 <sup>a</sup>
C24:1n-9	0.6 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	DHA/EPA	3.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	2.3 ± 0.4 <sup>a</sup>
$\Sigma$ MUFA	43.6 ± 1.0 <sup>b</sup>	40.9 ± 0.6 <sup>a</sup>	EPA/ARA	2.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.2 <sup>a</sup>
C18:2n-6	1.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.01 <sup>a</sup>			

注:表中数值以  $M \pm SD$  表示,  $n=8$ ; 其中,  $\Sigma$ SFA 为饱和脂肪酸含量总和,  $\Sigma$ MUFA 为单不饱和脂肪酸含量总和,  $\Sigma$ PUFA 为多不饱和脂肪酸总和。同一行中上标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.2.3 亲鱼卵的脂肪酸分析

III - IV 期亲鱼卵中, C16:1n-7、C18:1n-7、C18:3n-3、C20:3n-3、C22:2n-6 和 DHA 含量显著低于 V 期亲鱼, 而 C16:0、C17:1n-7 和 ARA 的含量显著高于 V 期亲鱼; III - IV 期亲鱼卵中,  $\Sigma$ n-3

PUFA 的含量显著低于 V 期亲鱼,  $\Sigma$ n-6 PUFA 的含量显著高于 V 期亲鱼,  $\Sigma$ PUFA 显著低于 V 期亲鱼, 而  $\Sigma$ SFA 显著高于 V 期亲鱼; III - IV 期亲鱼卵中 EPA/ARA 的比例显著低于 V 期亲鱼(表 3)。

表 3 亲鱼卵的脂肪酸组成

Tab.3 Fatty acid compositions in egg of *Paralichthys olivaceus* broodstocks

脂肪酸种类	Ⅲ - Ⅳ期	V期	脂肪酸种类	Ⅲ - Ⅳ期	V期
C14:0	2.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	2.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	C18:3n-3	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>b</sup>
C15:0	0.45 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.40 ± 0.03 <sup>a</sup>	C20:2n-6	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>
C16:0	22.4 ± 0.3 <sup>b</sup>	21.4 ± 0.3 <sup>a</sup>	C20:3n-3	0.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.1 <sup>b</sup>
C17:0	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	ARA	3.6 ± 0.4 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
C18:0	3.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.1 <sup>a</sup>	C22:2n-6	0.3 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>b</sup>
ΣSFA	28.5 ± 0.2 <sup>b</sup>	27.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	EPA	6.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	6.6 ± 0.3 <sup>a</sup>
C16:1n-9	0.6 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	DPA	3.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.3 <sup>a</sup>
C16:1n-7	5.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	DHA	25.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	27.8 ± 0.5 <sup>b</sup>
C17:1n-7	0.9 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	ΣPUFA	41.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	42.8 ± 0.2 <sup>b</sup>
C18:1n-9	11.3 ± 0.7 <sup>a</sup>	11.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	Σn-3 PUFA	36.1 ± 0.6 <sup>a</sup>	38.4 ± 0.3 <sup>b</sup>
C18:1n-7	3.2 ± 0.0 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	Σn-6 PUFA	5.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	4.4 ± 0.2 <sup>a</sup>
C20:1n-7	1.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	Σn-9 PUFA	12.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	12.6 ± 0.1 <sup>a</sup>
C22:1n-9	0.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	Σn-3/Σn-6	6.7 ± 0.6 <sup>a</sup>	8.8 ± 0.2 <sup>b</sup>
C24:1n-9	0.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	DHA/EPA	4.0 ± 0.4 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.2 <sup>a</sup>
ΣMUFA	23.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	23.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	EPA/ARA	1.9 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>b</sup>
C18:2n-6	0.9 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.0 <sup>a</sup>			

注:表中数值以  $M \pm SD$  表示,  $n=8$ ; 其中,  $\Sigma SFA$  为饱和脂肪酸含量总和,  $\Sigma MUFA$  为单不饱和脂肪酸含量总和,  $\Sigma PUFA$  为多不饱和脂肪酸总和。同一行中上标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

以上结果表明,发育同期的亲鱼不同组织中脂肪酸的组成有显著的差异,而处于不同发育期的相同组织间脂肪酸的组成也有显著的差异,尤其在肝脏和卵中,部分脂肪酸含量差异较大。

### 3 讨论

同一种鱼不同的发育阶段以及同种鱼不同的组织,其脂肪及脂肪酸含量存在差异<sup>[6]</sup>。半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)受精卵、卵黄囊仔鱼和开口仔鱼脂肪酸组成差异显著<sup>[7]</sup>,性腺发育Ⅳ期的灰鲳(*Pampus cinereus*)卵巢、肝脏和肌肉中的脂肪平均含量差异显著,脂肪酸含量也有不同程度的差异<sup>[8]</sup>。受遗传因素的影响,不同鱼种各组织中脂肪的含量也呈现不同的规律,如在灰鲳<sup>[8]</sup>和银鲳(*Pampus argenteus*)<sup>[9]</sup>中,Ⅳ期卵巢组织中的脂肪含量最高,显著高于肌肉和肝脏组织中。而在本研究中,不论是发育Ⅲ - Ⅳ期还是Ⅴ期亲鱼,均以肝脏中的脂肪含量为最高。牙鲆亲鱼不同组织中的脂肪酸组成表现出显著差异,Ⅴ期亲鱼卵中 DHA、DPA、EPA、PUFA 和 HUFA 的含量极显著地高于肝脏和肌肉中的含量,提示牙鲆亲鱼在性腺发育过程中,可能优先从肝脏中动用这些脂肪酸,并选择性的在卵中蓄积,同时也暗示这几种脂肪酸可能与性腺发育的关系更为密切。

鱼卵中的脂类和脂肪酸含量对胚胎发育和

仔鱼存活有重要作用<sup>[10-11]</sup>,有研究表明,鱼类在卵发育过程中,卵黄物质在肝脏中合成,然后转移至卵<sup>[12]</sup>。野生亲鱼由Ⅲ - Ⅳ期发育至Ⅴ期时,肝脏脂肪含量显著升高,卵脂肪含量并未出现显著变化,至于在性腺发育Ⅰ - Ⅲ期间,脂肪含量的变化趋势则有待进一步研究。

由于海水鱼不能延长短链脂肪酸,因此 n-3HUFA 和 n-6HUFA 在海水亲鱼营养中占有重要地位<sup>[13-14]</sup>,由表 1、表 2 和表 3 可知,牙鲆亲鱼各组织的脂肪酸组成表现出典型的海水鱼类的脂肪酸组成特点,即脂肪酸组成中 DHA、EPA、ARA 等高不饱和脂肪酸的含量显著比 C18:2n-6 和 C18:3n-3 的含量高,尤其是 DHA,为牙鲆亲鱼 n-3PUFA 中的优势脂肪酸。同时,由于各种脂肪酸在新陈代谢和酶作用途径中存在竞争关系,因此不仅每种脂肪酸的量而且各种必需脂肪酸之间的最适比例也会对亲鱼的繁殖性能产生重要影响。众多研究证明,n-3HUFA 与其他短链脂肪酸的合理配比是生产高质量卵的先决条件<sup>[15-17]</sup>,SATGENT 等<sup>[18]</sup>强调了 n-3 与 n-6HUFA 比例的重要性,并指出饲料脂肪酸中某种组分含量的改变会影响其他组分在饲料中的作用。有观点也提出,应该是 n-6 和 n-3 必需脂肪酸比例的平衡,而不是 n-3HUFA 的含量从本质上对卵子和仔鱼的质量产生影响<sup>[19-20]</sup>。野生牙鲆亲鱼Ⅴ期卵中 n-3/n-6PUFA 的值均显著高于Ⅲ - Ⅳ期,

说明在卵发育过程中, n-3PUFA 在蓄积时具有优先性, 并导致其在蓄积量上发生了显著变化。

DHA、EPA 和 ARA 是海水鱼必需的长链多不饱和脂肪酸, 海水鱼组织中 DHA 和 EPA 的含量远远高于 ARA。在牙鲆亲鱼组织中, 3 种脂肪酸均以卵中含量最高。在由 III - IV 期发育至 V 期的过程中, DHA 在亲鱼肝脏中的含量保持不变, 在卵中有所上升, 而 EPA 的情况则与此相反, 由 III - IV 期发育至 V 期的过程中, EPA 在肝脏中的含量显著上升, 而卵中含量保持不变。ARA 对海水鱼亲鱼成熟及卵和幼体的发育具有重要的生理功能<sup>[21-22]</sup>。在牙鲆亲鱼由 III - IV 期发育至 V 期的过程中, 肝脏 ARA 的含量显著增加, 说明牙鲆亲鱼肝脏对 ARA 的储存作用以满足机体及发育需求, 而卵中 ARA 的含量却有一定程度的下降, 在一定程度上说明随着卵的发育, 机体对 ARA 的利用率相对提高。3 种脂肪酸在牙鲆各组织中的分布及含量变化情况, 可能与其各自不同的生理功能相关。

不同种类的鱼, 其卵组织中 DHA/EPA 及 ARA/EPA 比值存在差异。OGATA 等<sup>[6]</sup>认为生活在冷水或高纬度海区的鱼类, 相比生活在热带、亚热带海区的鱼类而言, 其卵组织中 ARA/EPA 的比值较低, 通常低于 1, 如野生少带重牙鲷 (*Diplodus sargus*)<sup>[23]</sup>、大马哈鱼 (*Oncorhynchus keta*)<sup>[24]</sup>、灰鲳<sup>[8]</sup>等, ARA/EPA 的比值均低于 1。本研究中, III - IV 期卵 ARA/EPA 的比值为 0.53, V 期卵 ARA/EPA 的比值为 0.37, 其比值均与冷水性鱼类相似。

综上所述, 为了保证牙鲆亲鱼正常的繁殖需要, 在亲鱼培育过程中, 需要补充含有适量高不饱和脂肪酸, 尤其是 DHA、EPA 和 ARA 的脂肪源。

#### 参考文献:

- [1] SARGENT J R. Origins and function of egg lipids: nutritional implication [M]//BROMAGE N R, ROBERTS R J. Broodstock management and egg and larval quality. Oxford: Blackwell Sciences Ltd., 1995: 353 - 372.
- [2] WIEGAND M D. Composition, accumulation and utilization of yolk lipids in teleost fish[J]. Rev Fish Biol Fish, 1996, 6: 259 - 286.
- [3] BELL J G. Current aspects of lipid nutrition in fish farming [M]. Black K D and Pickering A D. Biology of Farmed Fish. England: Sheffield Academic Press Ltd., 1998, 114 - 145.
- [4] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 海洋出版社, 2004: 369 - 371.
- [5] METCALFE L D, SCHMITZ A A, PELKA J R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis[J]. Analytical Chemistry, 1966, 38: 514 - 515.
- [6] OGATA H Y, EMATA A C, GARIBAY E S, et al. Fatty acid composition of five candidate aquaculture species in Central Philippines [J]. Aquaculture, 2004, 236: 361 - 375.
- [7] 常青, 梁萌清, 陈四清, 等. 半滑舌鳎受精卵、卵黄囊仔鱼和开口仔鱼氨基酸及脂肪酸的变化[J]. 水生生物学报, 2007, 31(6): 767 - 773.
- [8] 施兆鸿, 黄旭雄, 李伟微, 等. 海捕灰鲳亲鱼不同组织中脂肪及脂肪酸分析[J]. 水产学报, 2008, 32(2): 309 - 314.
- [9] 崔青曼, 袁春营, 李小双. 渤海银鲳成熟卵巢生化成分分析[J]. 海洋渔业, 2009, 31(2): 221 - 224.
- [10] FRASER A J, SARGENT J R, GAMBLE J C, et al. Lipid classes and fatty acid composition as indicators of the nutritional condition of larval Atlantic herring [J]. Am Fish Soc Symp, 1987(2): 129 - 143.
- [11] WHITE J. Egg Incubation: Its Effects on Embryonic Development in Birds and Reptiles [M]. Cambridge Univ Press, Cambridge, 1991: 1 - 15.
- [12] MAITRE J L, MERCIER L, KOLO Valotaire Y. Binding of estradiol-17 $\beta$  in the hepatocytes of *Salmo gairdneri* and induction of vitellogenin and its specific arm [J]. Biol basis in Aqua, 1985, 6: 333 - 348.
- [13] GEURDEN I, COUTTEAN P, SORGELOOS P, et al. Effect of a dietary phospholipid supplementation on growth and fatty acid composition of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and turbot *Scophthalmus maximus* juveniles from weaning onwards [J]. Fish Physiol Biochem, 1997, 16: 259 - 272.
- [14] GEURDEN I, RADUNZ-Neto J, BERGOT P. Essentiality of dietary phospholipids for carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae [J]. Aquaculture, 1995, 131: 303 - 314.
- [15] ALMAMA E, PEREZ M J, CEJAS J R, et al. Influence of broodstock gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) dietary fatty acids on egg quality and egg fatty acid composition throughout the spawning season [J]. Aquaculture, 1999, 170: 323 - 336.
- [16] RODRIGUEZ C, CEJAS J R, MARTY'N M V, et al. Influence of n-3 highly unsaturated fatty acid deficiency on the lipid composition of broodstock gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) and on egg quality [J]. Fish Physiol Biochem, 1998, 18: 177 - 187.
- [17] FERNANDEZ-Palcios 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.
- [18] SARGENT J R, BELL J G, BELL M V, et al. Requirement criteria for essential fatty acids Symposium of European Inland

- Fisheries Advisory Commission [J]. J Appl Ichthyol, 1995, 11: 183 - 198.
- [19] BELL G, SARGENT J R. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities [J]. Aquaculture, 2003, 218: 494 - 499.
- [20] SIMOPOULOS A P. The Importance of the Ratio of Omega6/Omega3 Essential Fatty Acids [J]. Biomed Pharmacother, 2002, 56: 365 - 379.
- [21] FURUITA H, TANAKA H, YAMAMOTO T, *et al.* Effects of n-3 HUFA levels in broodstock diet on the reproductive performance and egg and larval quality of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* [J]. Aquaculture, 2000, 187: 387 - 398.
- [22] MAZORRA C, BRUCE M, BELL J G, *et al.* Dietary lipid enhancement of broodstock reproductive performance and egg and larval quality in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*. ) [J]. Aquaculture, 2003, 227: 21 - 33.
- [23] CEJAS J R, ALMANSA E, VILLAMMANDOS J E, *et al.* Lipid and fatty acid composition of ovaries wild fish and ovaries and eggs captive fish of White Sea bream (*Diplodus sargus*. ) [J]. Aquaculture, 2003, 216: 299 - 313.
- [24] SASAKI S, OTA T, TAKAGI T. Compositions of fatty acids in the lipids of chum salmon during spawning migration [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1989, 55: 2191 - 2197.

## A comparative study on lipid and fatty acid compositions of wild *Paralichthys olivaceus* broodstocks during different ovary development stages

WANG Ji-ying<sup>1</sup>, MIAO Shu-yan<sup>2</sup>, LI Bao-shan<sup>1</sup>, WANG Shi-xin<sup>1</sup>, HUANG Bing-shan<sup>1</sup>, ZHANG Li-min<sup>1</sup>  
(1. Marine Fisheries Research Institute of Shandong Province, Yantai 264006, China; 2. Shengsuo Fishery Feed Research Center of Shandong Province, Yantai 265500, China)

**Abstract:** To discuss the relationship between fatty acid and the ovary development, the lipid contents and fatty acid compositions of muscle, liver and egg were analysed using gas chromatography. Comparisons were made between III - IV and V stages of ovary development in wild broodstocks of *Paralichthys olivaceus*. The results indicated that there were significant differences of lipid contents among muscle, liver and egg tissues. The lipid content in liver of III - IV stages was significantly lower than that in V stage. There were significant differences of fatty acid compositions in muscle, liver and egg tissues between III - IV and V stages, especially PUFA. There were higher relative contents of n-3HUFA, DHA, DPA, EPA in egg at V stage than those in liver and muscle at the same stage. The ratio of DHA/EPA in liver of III - IV stage broodstocks was significantly higher than those at V stage, but the ratio of EPA/ARA was significantly lower. These results suggested that some fatty acids were essential to *Paralichthys olivaceus* during sexual maturation. In order to ensure the normal reproduction, during cultivating, PUFA, especially DHA, EPA and ARA need to be supplemented.

**Key words:** olive flounder (*Paralichthys olivaceus*); wild broodstock; ovary development; lipid; fatty acid