

闽东海域银鲳亲鱼性腺发育后期脂类及脂肪酸蓄积特点

黄旭雄^{1,2,3*}, 温文¹, 危立坤¹, 冯隆峰¹, 吕为群¹

(1. 上海海洋大学农业部淡水水产种质资源重点实验室, 上海 201306;

2. 上海市水产养殖工程技术研究中心, 上海 201306;

3. 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心, 上海 201306)

摘要: 脂肪和脂肪酸是海水鱼类早期生长发育的重要结构物质和能量来源。亲鱼的脂肪和脂肪酸储备影响其繁殖性能和早期仔鱼的发育。为了获知银鲳亲鱼性腺发育后期脂类及脂肪酸蓄积特点, 本研究采用氯仿甲醇法及气相色谱法定量检测了繁殖季节闽东海域野生银鲳亲鱼不同组织的总脂肪及脂肪酸含量。结果表明: 亲鱼卵巢、精巢、肝脏和肌肉的总脂肪含量差异显著。卵巢、精巢、肝脏和肌肉的总脂含量分别为: 35.76%, 15.11%, 22.07% 和 22.14% (占组织干重)。极性脂肪占总脂肪的比例在精巢中最高, 其次为肝脏和卵巢, 在肌肉中最低。性腺从IV期发育到V期, 雌鱼卵巢总脂肪和中性脂肪含量显著增加, 雄鱼肌肉极性脂肪含量显著降低。中性脂肪中卵巢的 20:5n-3 (EPA, 2.25 ~ 3.87 mg/g)、22:6n-3 (DHA, 6.71 ~ 13.03 mg/g) 和高不饱和脂肪酸 (HUFAs, 17.20 ~ 29.64 mg/g) 含量最高, 极性脂肪中精巢的 EPA (0.38 ~ 0.27 mg/g) 和 DHA (3.12 ~ 3.59 mg/g) 含量最高。性腺中 n-3/n-6 比值显著高于肝脏和肌肉中。随着卵巢发育, DHA 等必需脂肪酸在雌鱼不同组织及同一组织不同脂肪类别之间存在转移现象。研究表明, 银鲳亲鱼各组织的总脂肪含量、总脂肪组成及脂肪酸绝对含量 (mg/g 干物质) 具有组织特异性, 随着性腺发育, 必需脂肪酸总体上表现为由肌肉和肝脏向性腺中转移, 且性腺中脂肪酸的变化主要发生在中性脂肪中。

关键词: 银鲳; 亲鱼; 总脂肪; 脂肪类别; 脂肪酸

中图分类号: S 965.3

文献标志码: A

银鲳 (*Pampus argenteus*) 在分类学上属鲈形目 (Perciformes), 鲳科 (Stromateidae), 鲳属 (*Pampus*), 为暖水性中下层集群性鱼类, 广泛分布于我国黄海、渤海、东海以及南海海域、印度洋和阿拉伯湾^[1]。银鲳曾是中国近海渔业的主要经济鱼种之一。近年来海区资源量不断衰减。国内外学者开展了银鲳的繁殖习性、食物组成、摄食习性及其仔鱼发育等研究^[2-6], 并成功开展了银鲳的人工育苗^[7-8]。但有关银鲳亲鱼繁殖营养学的研究报道甚少, 崔青曼等^[9]报道了渤海银鲳成熟卵巢的生化组成; 黄旭雄等^[10]报道了舟山海域海捕银鲳亲鱼不同组织的氨基酸含量及其随性腺发育的变化;

Huang 等^[11]采用归一化法分析了舟山海域海捕银鲳亲鱼性腺发育过程中各组织脂肪酸组成的变化, 发现 DHA (22:6n-3) 等必需脂肪酸占总脂肪酸的比例在卵巢中随性腺发育而增加。鱼类体内的总脂肪大致可分为结构脂类和储能脂类^[12], 两者在体内的生理作用有所不同。但是对于银鲳亲鱼性腺发育后期鱼体组织中脂类特性及各类脂肪中脂肪酸绝对含量的变化未见报道。本研究定量检测了银鲳亲鱼性腺发育后期不同组织中脂类特性及脂肪酸组成及含量的变化, 以期更好地掌握脂类营养物质的蓄积及其在各组织间转化的规律和特点, 为银鲳亲鱼的人工强化培育提供理论依据。

收稿日期: 2013-06-03 修回日期: 2013-11-19

资助项目: 上海市教育委员会科研创新项目 (12ZZ166); 上海市科技兴农重点攻关项目 (2013 第 3-1); 上海高校水产学一流学科建设基金项目资助

通信作者: 黄旭雄, E-mail: xxhuang@shou.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 样品采集与处理

野生银鲳于 2010 年 4 月捕自福建省闽东海域(26°50'528"N,121°08'682"E)。采用定置网捕获的亲鱼在冰盒中运回实验室,测量基础数据后于冰盘上逐尾解剖,参照文献[13]鉴定性腺发育阶段并分别取其性腺、肝脏和侧线上方背部肌肉组织,置于-46℃冷冻干燥机中冻干,干燥后的样品用研钵粉碎后低温冻存待测。

1.2 脂肪含量和中、极性脂肪组成的测定

用含 0.01% BHT 的氯仿:甲醇(2:1,V/V)溶液提取各样品总脂肪,真空干燥至恒重计算总脂肪含量(%占干重)。干燥后的总脂肪采用液-液分离法,以石油醚和 95% 甲醇水溶液组成的萃取液分离中性脂肪和极性脂肪^[14],于 40℃真空干燥至恒重,计算中性脂肪和极性脂肪分别占总脂肪的比例(%占干重)。

1.3 脂肪酸含量的测定

干燥后的中、极性脂肪中分别加入一定体积已知含量的 C19 脂肪酸标样,经 14% 三氟化硼(BF₃)-甲醇法两步甲酯化^[15],参照黄旭雄等^[14]条件于 Agilent-6890A 型气相色谱仪分析脂肪酸。色谱条件:载气为高纯度氮,流量为 1.9 mL/min;毛细管柱为 30.0 mm × 0.32 mm × 0.25 μm(温度上限为 325℃),型号为 Omegawax 320;柱温采用程序升温的方式:起始温度 60℃,以 50℃/min 的速度升至 170℃,再以 2.0℃/min 的速度升至 230℃,保留 1 min,然后以 1.0℃/min 的速度升至 240℃,保持 1 min,分析时间共计 46.2 min。氢气

流量为 30 mL/min,空气流量为 300 mL/min;FID 检测器进样口温度 260℃;进样量 2 μL,分流比为 10:1,压力为 60 kPa。每个样品平行测定 2 次,根据混合脂肪酸及单一脂肪酸标准品(Sigma 公司)的分析图谱和保留时间对样品脂肪酸进行定性,以 C19 脂肪酸作为内标,按内标法计算各脂肪酸的绝对含量:

$$C_x(\text{mg/g}) = (C_{19} \times V_{19} \times M_x \times S_x) / (M_{19} \times S_{19} \times m)$$

式中: C_x 表示某脂肪酸在冻干样品中的含量(mg/g); C_{19} 为 C19 浓度(mg/mL); V_{19} 为 C19 的添加量(mL); M_{19} 为 C19 甲酯分子量; S_{19} 为 C19 的峰面积; M_x 为某脂肪酸甲酯的分子量; S_x 为某脂肪酸的峰面积; m 为冻干样品质量(g)。

1.4 数据统计

试验结果以平均值 ± 标准差(means ± SD)表示。数据采用 SPSS 11.0 软件(SPSS Inc., USA)进行单因子方差分析(One-Way ANOVA),并用 Duncan 氏检验进行多重比较,差异显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

在 2010 年 4 月,共在闽东海域采捕了 30 尾银鲳亲鱼。其中雌性亲鱼 14 尾,卵巢发育经鉴定分别处于 IV 期(8 尾)和 V 期(6 尾);雄性亲鱼 16 尾,精巢发育处于 IV 期(6 尾)和 V 期(10 尾)。雌性亲鱼的平均体长和体质量均略大于雄性亲鱼(表 1)。随后对采集的每一尾样品进行组织总脂肪、脂肪组成及脂肪酸含量分析。

表 1 野生银鲳亲鱼的生物学数据

Tab.1 The biological characteristics of the wild-caught *P. argenteus* broodstocks

性别 gender	样品量 sample number	平均体质量/g mean body weight	平均体长/cm mean body length	性腺发育阶段 developmental stages of gonad
雌性 female	14	328.54 ± 105.13	20.40 ± 2.26	IV、V
雄性 male	16	225.65 ± 65.29	18.25 ± 1.90	IV、V

2.1 性腺发育后期海捕银鲳亲鱼不同组织的总脂肪含量和总脂肪组成的变化

由表 2 可知,海捕银鲳亲鱼不同组织之间的总脂肪含量差异显著($P < 0.05$)。卵巢的总脂肪含量最高(35.76%),其次是肌肉(22.14%)和肝脏(22.07%),精巢的总脂肪含量最低(15.11%)。不同组织的总脂肪组成也存在显

著差异。卵巢总脂肪组成中,极性脂肪约占总脂肪的 30%,中性脂肪约占 70%。精巢总脂肪组成中,极性脂肪约占总脂肪的 70%,中性脂肪约占 30%。肝脏总脂肪组成中,极性脂肪和中性脂肪各约占总脂肪的 50%。肌肉总脂肪组成中,极性脂肪约占总脂肪的 10%,中性脂肪约占 90%。

表2 野生银鲟亲鱼组织中的总脂肪、中性脂肪和极性脂肪含量
Tab.2 Lipid class in tissues of wild-caught *P. argenteus* broodstocks % , dry weight

脂肪类别 lipid class	卵巢 (n=14) ovary (n=14)	精巢 (n=16) testis (n=16)	肝脏 (n=30) liver (n=30)	肌肉 (n=30) muscle (n=30)
总脂肪 total lipid	35.76 ± 4.88 ^a	15.11 ± 2.56 ^c	22.07 ± 4.52 ^b	22.14 ± 7.65 ^b
极性脂肪 total polar lipid	10.58 ± 2.33 ^b	11.06 ± 2.36 ^{ab}	12.38 ± 2.90 ^a	2.75 ± 1.18 ^c
中性脂肪 total neutral lipid	22.81 ± 3.33 ^a	3.90 ± 1.09 ^d	9.03 ± 2.84 ^c	18.58 ± 7.55 ^b

注:表中同一行数据上标不同小写字母表示差异性显著($P < 0.05$)。下同

Notes: Data in the same line with different lowercases are significantly different ($P < 0.05$). The following tables are the same

随着卵巢从IV期发育到V期,雌性银鲟亲鱼卵巢总脂肪含量显著升高($P < 0.05$),肝脏总脂肪含量有升高趋势,而肌肉的总脂肪含量则有下降趋势,但差异均不显著($P > 0.05$)。而精巢从IV期发育到V期过程中,雄性银鲟亲鱼的精巢、肝脏和肌肉的总脂肪含量均无显著变化($P > 0.05$) (图1)。

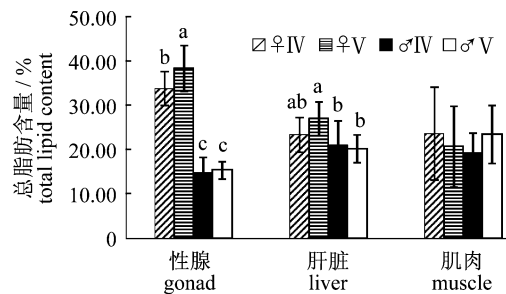


图1 银鲟亲鱼不同组织中总脂含量随性腺发育的变化

Fig.1 Total lipid content in different tissues of *P. argenteus* broodstocks at different stages of gonad development

雌性银鲟亲鱼卵巢从IV期发育到V期过程中,卵巢、肝脏和肌肉的极性脂肪含量有升高趋势,但均无显著变化($P > 0.05$) (图2)。雄性银鲟亲鱼精巢从IV期发育到V期过程中,卵巢、肝脏的极性脂肪含量无显著变化($P > 0.05$),但肌肉的极性脂肪含量显著降低($P < 0.05$)。

雌性银鲟亲鱼卵巢从IV期发育到V期,卵巢中性脂肪含量显著升高($P < 0.05$),肝脏和肌肉中的中性脂肪含量变化不显著。雄性亲鱼精巢、肝脏和肌肉的中性脂肪含量随性腺发育(IV - V期)均无显著性变化(图3)。

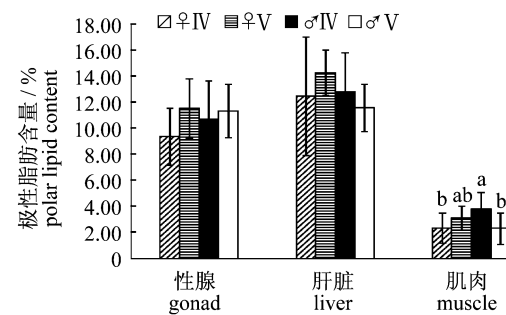


图2 银鲟亲鱼不同组织中的极性脂肪含量随性腺发育的变化

Fig.2 Polar lipid content in different tissues of *P. argenteus* broodstocks at different stages of gonad development

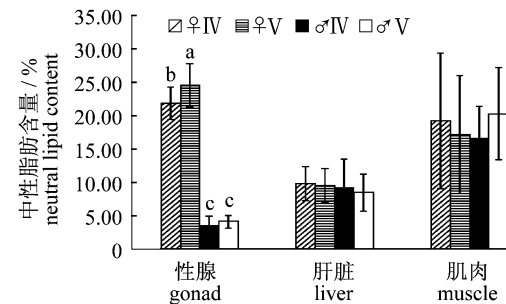


图3 银鲟亲鱼不同组织中的中性脂肪含量随性腺发育的变化

Fig.3 Neutral lipid content in different tissues of *P. argenteus* broodstocks at different stages of gonad development

2.2 性腺发育后期海捕银鲟亲鱼不同组织中性脂肪、极性脂肪和脂肪酸含量的变化

海捕银鲟卵巢中性脂肪中含量高的脂肪酸为18:0,18:1n-9,14:1,DHA,20:2和16:0;极性脂肪中含量高的脂肪酸为16:0,14:1,20:2,18:0和18:1n-9。精巢中性脂肪中含量高的脂肪酸为

14:1,16:0,18:0,18:1n-9,20:2 和 DHA;极性脂肪中含量高的脂肪酸为 16:0,14:1,DHA,18:0 和 20:2。卵巢中性脂肪、极性脂肪中主要脂肪酸绝对含量均显著高于精巢。随着卵巢从Ⅳ期发育到Ⅴ期,中性脂肪中 EPA(20:5n-3)、DHA、饱和脂肪酸(SFAs)、单不饱和脂肪酸(MUFAs)、多不饱和脂肪酸(PUFAs)和高不饱和脂肪酸(HUFAs)

的绝对含量均显著增加,而 ARA(20:4n-6)、n-3 PUFAs 和 n-6 PUFAs 绝对含量无显著变化;极性脂肪中各脂肪酸的绝对含量均无显著变化。随着精巢从Ⅳ期发育到Ⅴ期,中性脂肪中 PUFAs 和 HUFAs 绝对含量显著升高,而 n-3 PUFAs 绝对含量显著下降;精巢极性脂肪中主要及必需脂肪酸绝对含量均无显著变化(表 3)。

表 3 性腺发育后期银鲷亲鱼性腺的中性脂肪、极性脂肪中主要及必需脂肪酸的绝对含量

Tab. 3 Absolute fatty acid profiles in gonad of *P. argenteus* broodstocks during late stages of gonad development

脂肪酸 fatty acid	卵巢发育阶段 development phase of ovary		精巢发育阶段 development phase of testis		mg/g
	♀ Ⅳ期 ♀ IV phase	♀ Ⅴ期 ♀ V phase	♂ Ⅳ期 ♂ IV phase	♂ Ⅴ期 ♂ V phase	
	中性脂肪 neutral lipid				
14:1	5.28 ± 1.09 ^a	4.76 ± 0.42 ^{ab}	3.30 ± 1.21 ^b	5.25 ± 1.11 ^{ab}	
16:0	3.65 ± 1.13 ^b	5.39 ± 0.27 ^a	1.36 ± 0.28 ^c	1.39 ± 0.16 ^c	
16:1n-7	4.07 ± 2.56 ^a	5.31 ± 0.71 ^a	0.08 ± 0.02 ^b	0.08 ± 0.01 ^b	
18:0	22.47 ± 3.82 ^b	35.17 ± 4.32 ^a	0.830 ± 0.10 ^c	0.80 ± 0.01 ^c	
18:1n-9	20.13 ± 9.24 ^a	25.37 ± 4.90 ^a	0.71 ± 0.26 ^b	0.89 ± 0.03 ^b	
20:0	1.78 ± 1.15 ^a	3.52 ± 0.91 ^a	0.07 ± 0.01 ^c	0.14 ± 0.05 ^b	
20:2	4.65 ± 0.37 ^b	8.63 ± 1.13 ^a	0.69 ± 0.12 ^d	2.03 ± 0.29 ^c	
ARA	1.41 ± 0.33 ^a	1.41 ± 0.37 ^a	0.07 ± 0.01 ^b	0.06 ± 0.03 ^b	
EPA	2.25 ± 0.92 ^b	3.87 ± 0.96 ^a	0.03 ± 0.01 ^c	0.03 ± 0.01 ^c	
DHA	6.71 ± 3.84 ^b	13.03 ± 1.32 ^a	0.61 ± 0.07 ^c	0.17 ± 0.05 ^d	
SFAs	27.54 ± 3.01 ^b	47.27 ± 7.66 ^a	2.86 ± 0.57 ^c	2.60 ± 0.15 ^c	
MUFAs	28.00 ± 1.07 ^b	42.71 ± 5.83 ^a	4.17 ± 1.32 ^c	6.29 ± 1.08 ^c	
PUFAs	33.51 ± 7.05 ^b	47.52 ± 6.72 ^a	5.36 ± 0.71 ^d	7.67 ± 0.48 ^c	
HUFAs	17.20 ± 7.22 ^b	29.64 ± 5.41 ^a	2.04 ± 0.18 ^d	2.91 ± 0.33 ^c	
n-3PUFAs	14.92 ± 6.08 ^a	21.24 ± 6.44 ^a	2.04 ± 0.09 ^b	1.21 ± 0.66 ^c	
n-6PUFAs	4.08 ± 0.79 ^a	5.36 ± 0.41 ^a	1.99 ± 0.18 ^b	2.04 ± 0.15 ^b	
极性脂肪 polar lipid					
14:1	4.06 ± 0.22	3.79 ± 0.34	3.77 ± 0.34	3.83 ± 0.44	
16:0	6.24 ± 0.52 ^b	6.20 ± 0.54 ^b	7.24 ± 0.72 ^{ab}	7.70 ± 0.30 ^a	
18:0	2.26 ± 0.28	2.79 ± 1.70	2.55 ± 0.18	2.41 ± 0.18	
18:1n-9	0.92 ± 0.22 ^b	1.19 ± 0.42 ^{ab}	1.29 ± 0.29 ^{ab}	1.31 ± 0.05 ^a	
20:2	2.53 ± 0.58 ^a	2.03 ± 0.76 ^{ab}	1.59 ± 0.22 ^b	1.46 ± 0.07 ^b	
ARA	0.17 ± 0.01 ^b	0.22 ± 0.04 ^{ab}	0.31 ± 0.05 ^a	0.25 ± 0.05 ^{ab}	
EPA	0.18 ± 0.06 ^b	0.11 ± 0.01 ^b	0.38 ± 0.05 ^a	0.27 ± 0.01 ^a	
DHA	0.64 ± 0.06 ^b	1.22 ± 1.84 ^{ab}	3.12 ± 0.23 ^a	3.59 ± 0.42 ^a	
SFAs	9.18 ± 0.67	9.71 ± 2.34	10.32 ± 0.79	10.64 ± 0.30	
MUFAs	6.22 ± 0.38	5.75 ± 0.63	5.29 ± 0.29	5.42 ± 0.41	
PUFAs	5.55 ± 0.63 ^b	5.78 ± 1.29 ^b	7.56 ± 0.49 ^a	7.96 ± 0.57 ^a	
HUFAs	4.08 ± 0.38 ^b	3.65 ± 1.21 ^b	5.65 ± 0.33 ^a	5.83 ± 0.42 ^a	
n-3PUFAs	1.0 ± 0.05 ^b	1.60 ± 1.78 ^b	4.00 ± 0.25 ^a	4.56 ± 0.44 ^a	
n-6PUFAs	1.75 ± 0.13	1.85 ± 0.19	1.87 ± 0.27	1.83 ± 0.22	

注:表格中省略了其它含量相对少的非必需脂肪酸。下同

Notes: The other little and non-essential fatty acids are omitted in the table. The following tables are the same

雌性和雄性海捕银鲟肝脏中性脂肪和极性脂肪中含量高的脂肪酸均为 16:0, 18:1n-9, 20:2, 18:0 和 14:1。雌性亲鱼肝脏中性脂肪中的 MUFAs、极性脂肪中的 SFAs 绝对含量显著高于雄性亲鱼。随着卵巢从 IV 期发育到 V 期, 雌性肝

脏中性脂肪中 EPA 绝对含量显著下降, 极性脂肪中重要脂肪酸均无显著变化。随着精巢从 IV 期发育到 V 期, 雄性肝脏中性脂肪和极性脂肪中重要脂肪酸也均无显著变化(表 4)。

表 4 性腺发育后期银鲟亲鱼肝脏的中性脂肪、极性脂肪中脂肪酸的绝对含量
Tab.4 Absolute fatty acid profiles in liver of *P. argenteus* broodstocks during late stages of gonad development

脂肪酸 fatty acid	卵巢发育阶段 development phase of ovary		精巢发育阶段 development phase of testis	
	♀ IV 期 ♀ IV phase	♀ V 期 ♀ V phase	♂ IV 期 ♂ IV phase	♀ V 期 ♂ V phase
中性脂肪 neutral lipid				
14:1	2.90 ± 0.10 ^a	2.68 ± 0.27 ^a	1.14 ± 1.00 ^b	1.26 ± 1.26 ^{ab}
16:0	10.26 ± 1.02	10.49 ± 1.16	5.05 ± 4.16	5.65 ± 5.44
16:1n-7	1.62 ± 0.71	0.93 ± 0.08	0.65 ± 0.58	0.77 ± 0.67
18:0	3.07 ± 0.60	2.49 ± 0.24	1.72 ± 1.49	1.84 ± 1.86
18:1n-9	6.25 ± 2.44	6.21 ± 0.16	2.43 ± 1.87	2.87 ± 2.65
20:2	5.11 ± 2.36	6.15 ± 0.89	1.91 ± 1.30	2.41 ± 1.99
ARA	0.05 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.02
EPA	0.13 ± 0.02 ^a	0.03 ± 0.01 ^b	0.02 ± 0.02 ^b	0.03 ± 0.02 ^b
DHA	0.10 ± 0.08 ^{ab}	0.12 ± 0.01 ^a	0.02 ± 0.01 ^b	0.03 ± 0.03 ^b
SFAs	15.14 ± 0.66	14.75 ± 1.33	7.64 ± 6.39	8.42 ± 8.29
MUFAs	12.18 ± 2.70 ^a	11.60 ± 0.26 ^a	4.77 ± 4.03 ^b	5.48 ± 5.46 ^b
PUFAs	7.71 ± 2.36	8.57 ± 0.94	2.87 ± 2.37	3.46 ± 3.21
HUFAs	5.85 ± 2.40	6.68 ± 0.91	2.21 ± 1.70	2.72 ± 2.37
n-3PUFAs	1.05 ± 0.26	0.87 ± 0.03	0.57 ± 0.48	0.55 ± 0.52
n-6PUFAs	1.51 ± 0.26 ^a	1.51 ± 0.08 ^a	0.58 ± 0.52 ^b	0.64 ± 0.66 ^b
极性脂肪 polar lipid				
14:1	2.79 ± 0.37	2.44 ± 0.32	2.54 ± 0.22	2.67 ± 0.21
16:0	12.04 ± 1.63 ^a	13.11 ± 2.23 ^a	8.41 ± 1.16 ^b	10.52 ± 2.65 ^{ab}
16:1n-7	1.47 ± 0.18	1.64 ± 0.44	1.25 ± 0.39	1.04 ± 0.32
18:0	4.57 ± 0.47 ^a	4.07 ± 0.16 ^a	2.62 ± 0.40 ^b	2.65 ± 0.59 ^b
18:1n-9	5.05 ± 0.84 ^a	6.62 ± 1.48 ^a	3.66 ± 0.88 ^b	2.52 ± 0.41 ^b
20:2	4.74 ± 0.90	5.35 ± 1.04	5.45 ± 0.58	5.37 ± 1.06
ARA	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
EPA	0.02 ± 0.01 ^b	0.02 ± 0.00 ^b	0.17 ± 0.03 ^a	0.14 ± 0.04 ^a
DHA	0.05 ± 0.03 ^b	0.05 ± 0.01 ^b	0.20 ± 0.01 ^a	0.17 ± 0.10 ^a
SFAs	18.60 ± 2.38 ^a	19.62 ± 2.43 ^a	13.04 ± 1.58 ^b	13.85 ± 1.72 ^b
MUFAs	10.98 ± 0.91 ^a	12.79 ± 1.72 ^a	9.28 ± 1.46 ^{ab}	8.01 ± 0.87 ^b
PUFAs	7.23 ± 0.53	7.56 ± 0.97	7.74 ± 0.70	7.93 ± 1.17
HUFAs	5.55 ± 0.66	5.93 ± 1.03	6.16 ± 0.64	6.23 ± 1.10
n-3PUFAs	1.08 ± 0.27	0.87 ± 0.06	0.98 ± 0.11	1.14 ± 0.17
n-6PUFAs	1.37 ± 0.17	1.28 ± 0.18	1.27 ± 0.15	1.38 ± 0.15

随着卵巢从 IV 期发育到 V 期, 雌性肌肉中性脂肪中 EPA、DHA、PUFAs、HUFAs 和 n-3 PUFAs

绝对含量显著下降, 极性脂肪中 ARA 和 n-3 PUFAs 绝对含量显著增加。随着精巢从 IV 期发

育到 V 期,雄性肌肉中性脂肪中 EPA、DHA 和 n-3 酸的绝对含量无显著变化(表 5)。PUFAs 绝对含量显著增加,极性脂肪中重要脂肪

表 5 性腺发育后期银鲷亲鱼肌肉的中性脂肪、极性脂肪中脂肪酸的绝对含量
Tab. 5 Absolute fatty acid profiles in muscle of *Pampus argenteus* broodstocks during late stages of gonad development

脂肪酸 fatty acid	卵巢发育阶段 development phase of ovary		精巢发育阶段 development phase of testis	
	♀ IV 期 ♀ IV phase	♀ V 期 ♀ V phase	♂ IV 期 ♂ IV phase	♂ V 期 ♂ V phase
中性脂肪 neutral lipid				
14:1	4.38 ± 0.45	4.08 ± 0.00	4.04 ± 0.86	4.28 ± 0.86
16:0	1.96 ± 0.57 ^b	1.43 ± 0.00 ^b	1.72 ± 0.64 ^b	3.74 ± 0.19 ^a
18:0	0.38 ± 0.05 ^b	0.40 ± 0.00 ^b	0.42 ± 0.07 ^b	1.17 ± 0.07 ^a
18:1n-9	0.70 ± 0.22 ^b	0.52 ± 0.00 ^b	0.52 ± 0.14 ^b	2.01 ± 0.35 ^a
20:2	2.51 ± 1.11	1.27 ± 0.00	1.13 ± 0.33	1.34 ± 0.17
ARA	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.00
EPA	0.22 ± 0.09 ^a	0.09 ± 0.00 ^b	0.12 ± 0.01 ^b	0.33 ± 0.01 ^a
DHA	0.16 ± 0.04 ^a	0.07 ± 0.00 ^b	0.06 ± 0.02 ^b	0.21 ± 0.02 ^a
SFAs	2.86 ± 0.69 ^b	2.20 ± 0.00 ^b	2.52 ± 0.64 ^b	5.97 ± 0.35 ^a
MUFAs	5.87 ± 0.61 ^{ab}	4.95 ± 0.00 ^b	4.85 ± 0.93 ^{ab}	6.72 ± 1.18 ^a
PUFAs	4.93 ± 1.10 ^a	3.20 ± 0.00 ^b	3.14 ± 0.51 ^b	4.07 ± 0.48 ^{ab}
HUFAs	3.30 ± 1.14 ^a	1.71 ± 0.00 ^b	1.66 ± 0.32 ^b	2.28 ± 0.16 ^{ab}
n-3PUFAs	0.95 ± 0.09 ^a	0.37 ± 0.00 ^b	0.46 ± 0.10 ^b	1.02 ± 0.04 ^a
n-6PUFAs	1.62 ± 0.22	1.56 ± 0.00	1.53 ± 0.28	1.71 ± 0.41
极性脂肪 polar lipid				
14:1	2.84 ± 0.44	2.77 ± 0.42	2.74 ± 0.37	2.70 ± 0.29
16:0	2.16 ± 0.85	2.16 ± 0.46	2.36 ± 0.20	2.27 ± 0.18
18:0	0.61 ± 0.10	0.53 ± 0.06	0.58 ± 0.07	0.59 ± 0.09
18:1n-9	0.50 ± 0.16	0.40 ± 0.09	0.33 ± 0.08	0.36 ± 0.09
20:2	1.15 ± 0.49	1.01 ± 0.22	1.07 ± 0.09	1.00 ± 0.26
ARA	0.03 ± 0.02 ^b	0.11 ± 0.02 ^a	0.02 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.02 ^b
EPA	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.00	0.07 ± 0.02
DHA	0.07 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.01
SFAs	3.07 ± 0.97	3.00 ± 0.51	3.24 ± 0.30	3.14 ± 0.27
MUFAs	3.63 ± 0.52	3.42 ± 0.47	3.25 ± 0.45	3.23 ± 0.26
PUFAs	2.60 ± 0.52	2.59 ± 0.30	2.39 ± 0.13	2.37 ± 0.25
HUFAs	1.61 ± 0.52	1.59 ± 0.25	1.44 ± 0.08	1.42 ± 0.26
n-3PUFAs	0.43 ± 0.05 ^b	0.61 ± 0.03 ^a	0.35 ± 0.03 ^b	0.37 ± 0.04 ^b
n-6PUFAs	1.02 ± 0.14	1.10 ± 0.12	0.98 ± 0.05	1.00 ± 0.09

雌性海捕银鲷亲鱼性腺发育后期,卵巢中性脂肪各主要脂肪酸比值无显著变化,极性脂肪中 EPA/ARA 显著下降;肝脏中性脂肪中 DHA/EPA 显著上升,EPA/ARA 显著下降;肌肉中性脂肪和极性脂肪的 EPA/ARA 均显著下降。而在雄性亲

鱼,精巢中性脂肪的 n-3/n-6 和 DHA/EPA 显著下降,极性脂肪中 DHA/EPA 显著上升;肝脏中性脂肪和极性脂肪各主要脂肪酸比值无显著变化;肌肉中性脂肪的 EPA/ARA 显著上升,极性脂肪的 EPA/ARA 显著下降(表 6)。

表6 性腺发育后期银鲟亲鱼不同组织中重要脂肪酸的比值
 Tab.6 The ratios of important fatty acids in different tissues of *P. argenteus* broodstocks during late stages of gonad development

组织 tissue	脂肪类别 lipid class		卵巢发育阶段 development phase of ovary		精巢发育阶段 development phase of testis	
			♀ IV期 ♀ IV phase	♀ V期 ♀ V phase	♂ IV期 ♂ IV phase	♂ V期 ♂ V phase
性腺 gonad	中性脂肪 neutral lipid	n-3/n-6	4.08 ± 0.79 ^a	3.96 ± 1.18 ^a	1.03 ± 0.10 ^b	0.58 ± 0.28 ^c
		DHA/EPA	3.57 ± 0.27 ^c	3.52 ± 0.81 ^c	20.07 ± 3.10 ^a	5.84 ± 0.68 ^b
		EPA/ARA	1.82 ± 1.26 ^a	2.79 ± 0.53 ^a	0.47 ± 0.14 ^b	0.55 ± 0.03 ^b
	极性脂肪 polar lipid	n-3/n-6	0.58 ± 0.06 ^b	0.41 ± 0.11 ^b	2.17 ± 0.32 ^a	2.51 ± 0.21 ^a
		DHA/EPA	4.40 ± 0.62 ^c	3.62 ± 0.54 ^c	8.34 ± 1.16 ^b	13.53 ± 1.33 ^a
		EPA/ARA	0.74 ± 0.05 ^b	0.52 ± 0.12 ^c	1.23 ± 0.16 ^a	1.08 ± 0.17 ^a
肝脏 liver	中性脂肪 neutral lipid	nn-3/n-6	0.70 ± 0.20	0.58 ± 0.03	0.45 ± 0.40	0.42 ± 0.41
		DHA/EPA	1.44 ± 0.30 ^b	3.71 ± 0.69 ^a	2.27 ± 1.71 ^{ab}	2.04 ± 1.60 ^{ab}
		EPA/ARA	2.79 ± 1.88 ^a	0.48 ± 0.12 ^b	0.34 ± 0.25 ^b	0.47 ± 0.48 ^b
	极性脂肪 polar lipid	n-3/n-6	0.78 ± 0.14	0.69 ± 0.10	0.78 ± 0.10	0.84 ± 0.14
		DHA/EPA	2.39 ± 1.70 ^a	2.54 ± 0.64 ^a	1.24 ± 0.26 ^b	1.24 ± 0.22 ^b
		EPA/ARA	0.63 ± 0.13 ^b	0.42 ± 0.08 ^b	2.45 ± 1.44 ^a	2.71 ± 0.89 ^a
肌肉 muscle	中性脂肪 neutral lipid	nn-3/n-6	0.59 ± 0.09 ^a	0.24 ± 0.00 ^c	0.31 ± 0.07 ^b	0.62 ± 0.13 ^a
		DHA/EPA	0.81 ± 0.27 ^a	0.87 ± 0.00 ^a	0.45 ± 0.20 ^b	0.65 ± 0.08 ^b
		EPA/ARA	3.25 ± 0.49 ^b	2.31 ± 0.00 ^c	3.29 ± 1.16 ^b	5.77 ± 0.38 ^a
	极性脂肪 polar lipid	n-3/n-6	0.43 ± 0.08 ^b	0.56 ± 0.06 ^a	0.36 ± 0.03 ^c	0.37 ± 0.05 ^c
		DHA/EPA	0.81 ± 0.03	0.76 ± 0.15	0.71 ± 0.10	0.67 ± 0.12
		EPA/ARA	2.19 ± 0.38 ^{ab}	0.54 ± 0.08 ^c	2.83 ± 0.11 ^a	1.90 ± 0.60 ^b

3 讨论

银鲟是一种典型的洄游性鱼类,其产卵场地主要分布在近海和河口区域。我国海域银鲟的产卵季节在每年的4—5月,并随纬度的增加依次延迟。本研究于4月在福建闽东海域捕获的野生银鲟亲鱼性腺发育经鉴定处于IV—V期。

海水鱼类胚胎和卵黄囊仔鱼的生长和发育依赖卵内的内源性营养储备,因此亲鱼性腺的营养物质水平对于胚胎和仔鱼的存活至关重要。脂类是鱼类胚胎和早期仔鱼发育的主要能量来源和重要结构组分^[16]。

在本研究中,银鲟V期卵巢的总脂肪含量最高,其次是肝脏和肌肉,精巢中总脂肪含量最低,这与Huang等^[11]研究结果相一致。而在日本鬼鲟(*Inimicus japonicus*)的亲鱼中,总脂肪含量在肝脏中含量最高,其次是卵巢和精巢,肌肉的总脂肪含量最低(待发表)。Ogata等^[17]报道野生紫红笛鲷(*Lutjanus argentimaculatus*)成鱼卵巢、肝脏和肌肉中的总脂肪水平分别在56.7%、50.6%

和4.5%。而养殖条件下该种鱼的以上3个组织脂肪含量分别为:22.6%、22.1%和9.2%。上述研究结果表明亲鱼脂肪蓄积具有组织特异性。

鱼类体内的脂肪大致可分为结构脂类和储能脂类^[12]。极性脂肪主要作为结构脂类,中性脂肪通常作为储能脂类。本研究还发现,银鲟亲鱼总脂肪的组成也表现出明显的组织差异。肌肉和卵巢组织的总脂肪以中性脂肪为主体,精巢总脂肪以极性脂肪为主体,而肝脏总脂肪的中性脂肪和极性脂肪比例相当。对日本鬼鲟亲鱼的研究则发现,卵巢、肌肉和精巢的总脂肪以极性脂肪为主,肝脏总脂肪以中性脂肪为主(待发表)。推测亲鱼脂肪组成的组织特异性与鱼的种类及组织的功能有关。由于银鲟属于产含油球卵的游泳型杂食性鱼类,因此其卵巢和肌肉中的总脂肪含量及中性脂肪含量相对较高。日本鬼鲟属于产不含油球卵的伏栖型肉食性鱼类,其卵巢和肌肉中中性脂肪的含量相对较低,而肝脏中存贮有大量的中性脂肪。但两种鱼类的精巢总脂肪均以极性脂肪为主,与精巢中主要由精细胞组成这一特点有关。精子发育需要大量

的极性脂肪以构成细胞膜组分。

在卵黄发生阶段,亲鱼卵巢中的各类营养物质(主要是脂类和蛋白质)会逐渐积累,从而导致卵巢体积增大^[13]。V期卵巢的总脂肪和中性脂肪含量最高,这与银鲳卵中细胞中含有油球这一结构有关。随着卵巢的发育,雌鱼肌肉的总脂肪和中性脂肪含量呈下降趋势,肝脏总脂肪呈增加趋势。Huang等^[11]也发现随着性腺的成熟,银鲳亲鱼肌肉中总脂肪含量有下降,肝脏总脂肪含量有上升趋势。表明在卵巢发育后期,雌性银鲳肌肉中的总脂肪和中性脂肪向卵巢中转移,其营养和能量的供给优先保障卵巢发育的需要。而精巢从IV-V期的发育过程中,雄鱼精巢总脂肪、极性脂肪和中性脂肪含量的增加虽不显著,但同时雄鱼肝脏和肌肉中的极性脂肪含量下降,表明雄鱼肌肉中的极性脂肪有向精巢转移的趋势或被优先消耗的特点。

DHA、EPA和ARA是海水鱼类的必需脂肪酸,且不能通过其他脂肪酸合成或者合成量不能满足鱼类生长发育的需要^[16]。本研究发现,卵巢中DHA的绝对含量最高,并且主要以中性脂肪的形式贮存。DHA对于海水鱼类早期发育阶段色素沉着和视神经系统的发育具有重要作用^[12],因此卵巢中丰富的DHA含量为胚胎的正常发育提供了保障。精巢中的DHA主要以极性脂肪的形式贮存,并且是精巢中含量最高的脂肪酸。这一现象也见于其他一些海水鱼类,如香鱼(*Plecoglossus altivelis*)等^[18]。精巢中含量较高的DHA可能与精子的活力有关,以保证受精作用的顺利进行^[19]。ARA是海水鱼类体内含量较低的一种必需脂肪酸,但其具有重要的生理作用。ARA和EPA都是生物体内被称为类二十烷酸酯(如前列腺素和白三烯)的一类具有重要生理活性物质的前体^[20],两者存在一定的竞争性关系^[12,20]。研究表明,类二十烷酸酯对于水产动物的排卵、受精、孵化以及随后胚胎和早期仔鱼的免疫和抗胁迫能力具有重要影响^[21]。在银鲳卵巢的中性脂肪和精巢的极性脂肪中,ARA和EPA的含量均高于其他组织,可能与这些脂肪酸的特殊生理作用有关。

银鲳亲鱼体内的必需脂肪酸和各类脂肪酸的分布也存在组织差异性。卵巢和精巢的中性脂肪中,各类脂肪酸的含量依次为PUFAs > MUFAs >

SFAs。肝脏的中性和极性脂肪中,16:0含量高,且各类脂肪酸的含量均表现为SFAs > MUFAs > PUFAs。肌肉的中性脂肪和极性脂肪中,14:1含量高,且MUFAs的含量大于PUFAs和SFAs。上述结果与Huang等^[11]基于归一化法测得的脂肪酸相对含量在不同组织中的分布特点相类似。亲鱼各类脂肪酸组织分布的这种差异性与组织及脂肪酸的功能和特点是相匹配的。性腺中高PUFAs有利于形成高质量的配子,以保障胚胎和幼体的顺利发育。肝脏是鱼体脂类和脂肪酸合成的主要器官,肝细胞通过从食物中摄取磷脂、中性脂肪等,并对脂肪酸进行一系列的分解和合成作用,进而促进脂肪酸的代谢^[22]。16:0是脂肪酸合成过程中最先被合成的脂肪酸之一,因此肝脏中的16:0和SFAs含量较高。而肌肉中高MUFAs含量则与MUFAs被认为是优先分解用于供能有关。

雌性银鲳亲鱼从IV期卵巢发育到V期卵巢过程中,EPA绝对含量在卵巢中性脂肪中显著上升,在肝脏和肌肉中性脂肪中显著下降;DHA绝对含量在卵巢中性脂肪中显著增加,在肌肉的中性脂肪中显著下降;ARA绝对含量在卵巢和肌肉极性脂肪中显著增加。表明雌性亲鱼卵巢发育后期必需脂肪酸在不同组织及同一组织的不同脂肪类别之间存在一定程度的转移,总体上表现为由肌肉和肝脏向卵巢中转移。而雄性亲鱼从IV期精巢发育到V期精巢的过程中必需脂肪酸在组织及脂肪类别间的转移程度较弱,仅见DHA绝对含量在精巢中性脂肪中显著下降,DHA和EPA绝对含量在肌肉中性脂肪中显著增加。

从表6银鲳亲鱼不同组织中必需脂肪酸的比值可知,必需脂肪酸在不同组织中的相互比例具有组织特异性和脂肪类别的特异性。卵巢中性脂肪中具有最大的n-3/n-6比值,肌肉中具有最小的n-3/n-6比值。DHA/EPA比值在精巢中最高,其次为卵巢,肌肉中最低。各组织必需脂肪酸的相互比例随性腺发育而变化,且这种变化同样表现出组织特异性和脂肪类别的特异性,说明必需脂肪酸不同组织间的转移是不同步的。

此外,本研究发现在闽东海域捕获的银鲳亲鱼卵巢内16:4n-3的含量较低(约占总脂肪酸的0.26%),而Huang等^[11]发现舟山海域捕获的银鲳亲鱼卵巢内含有丰富的16:4n-3(13.14%)。这可

能与不同地区银鲳的具体饵料组成不同有关。

综上所述,从脂类和脂肪酸的定量检测结果看,闽东海域银鲳亲鱼卵巢、精巢、肝脏和肌肉的总脂肪含量差异显著,性腺发育后期,卵巢总脂肪和中性脂肪含量显著增加,肌肉极性脂肪含量显著降低。亲鱼各组织的脂肪酸绝对含量(mg/g)具有组织特异性和脂肪类别的特异性,随着性腺发育,DHA等必需脂肪酸在不同组织及同一组织的不同脂肪类别之间存在一定程度的转移,总体上表现为由肌肉和肝脏向性腺中转移。且性腺中脂肪酸随性腺发育的变化主要发生在中性脂肪中。

感谢福建省宁德市水产技术推广站陈庆凯工程师、宁德市渔政大队郑卫庚队长在海上样品采集过程中给予的支持和帮助。

参考文献:

- [1] Ni Y, Zhang L S. Fishes of Shanghai[M]. Shanghai science and Technology Press, 1990:336 - 337. [倪勇, 张列士. 上海鱼类志. 上海:上海科学技术出版社, 1990:336 - 337.]
- [2] Almatar S M, Lone K P, Abu-Rezq T S, et al. Spawning frequency, fecundity, egg weight and spawning type of silver pomfret, *Pampus argenteus* (Euphrasen) (Stromateidae), in Kuwait waters[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2004, 20 (3): 176 - 188.
- [3] Shi Z H, Peng S M, Wang J G, et al. Observation of embryonic, larval and juvenile development in *Pampus argenteus* offspring[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18 (2): 267 - 274. [施兆鸿, 彭士明, 王建钢, 等. 人工养殖银鲳子代胚胎发育及仔稚幼鱼形态观察. 中国水产科学, 2011, 18 (2): 267 - 274.]
- [4] Shi Z H, Gao L J, Xie Y L, et al. Comparison of reproductive characteristics between *Pampus argenteus* and *Pampus cinereus* in Zhoushan fishing ground[J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30 (5): 647 - 653. [施兆鸿, 高露姣, 谢营梁, 等. 舟山渔场银鲳和灰鲳繁殖特性的比较. 水产学报, 2006, 30(5): 647 - 653.]
- [5] Shi Z H, Ma L B, Gao L J, et al. Feeding habits and growth characteristics of larva and juvenile of *Pampus argenteus* under artificial rearing condition [J]. Marine Fisheries Research, 2007, 28 (4): 38 - 46. [施兆鸿, 马凌波, 高露姣, 等. 人工育苗条件下银鲳仔稚幼鱼摄食与生长特性. 海洋水产研究, 2007, 28(4): 38 - 46.]
- [6] Gao L J, Shi Z H, Yan Y. Histological studies on development of digestive system in larval *Pampus argenteus*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(4): 540 - 546. [高露姣, 施兆鸿, 严莹. 银鲳仔鱼消化系统的组织学研究. 中国水产科学, 2007, 14(4): 540 - 546.]
- [7] Shi Z H, Peng S M, Sun P, et al. Developmental potential and prospect of *Pampus* culture in China [J]. Journal of Modern Fisheries Information, 2009, 24(10): 3 - 4, 8. [施兆鸿, 彭士明, 孙鹏, 等. 我国鲳属鱼类养殖的发展潜力及前景展望. 现代渔业信息, 2009, 24(10): 3 - 4, 8.]
- [8] Al-Abdul-Elah K M, Almatar S, Abu-Rezq T et al. Development of hatchery technology for the silver pomfret *Pampus argenteus* (Euphrasen): effect of microalgal species on larval survival. Aquaculture Research, 2001, 32, 849 - 860.
- [9] Cui Q M, Yuan C Y, Li X S. Analysis on the biochemical composition of mature ovary tissue of silver pomfret *Pampus argenteus* caught in Bohai Sea[J]. Marine Fisheries, 2009, 31(2): 221 - 224. [崔青曼, 袁春营, 李小双. 渤海银鲳成熟卵巢生化成分分析. 海洋渔业, 2009, 31(2): 221 - 224.]
- [10] Huang X X, Shi Z H, Li W W, et al. The amino acids in different tissues of silver pomfret (*Pampus argenteus*) broodstock and their change with the gonad development [J]. Journal of Fisheries of China, 2009, 33(2): 278 - 287. [黄旭雄, 施兆鸿, 李伟微, 等. 银鲳亲鱼不同组织的氨基酸及其随性腺发育的变化. 水产学报, 2009, 33(2): 278 - 287.]
- [11] Huang X X, Yin Y Q, Shi Z H, et al. Lipid content and fatty acid composition in wild-caught silver pomfret (*Pampus argenteus*) broodstocks: effects on gonad development[J]. Aquaculture, 2010, 310(1 - 2): 192 - 199.
- [12] Sargent J R. Origins and functions of egg lipids: nutritional implications [M] // Broodstock management and egg and larval quality. Oxford: Blackwell Sciences Ltd., 1995:353 - 372.
- [13] Mai X J, Huang W J, Ye F L, et al. Reproductive biology and artificial breeding of marine fish[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005. 40 - 41. [麦贤杰, 黄伟健, 叶富良, 等. 海水鱼类繁殖生物学和人工繁育. 北京: 海洋出版社, 2005. 40 - 41.]
- [14] Huang X X, Feng L F, Wen W, et al. The changes in

- lipid and fatty acid profiles of devil stinger *Inimicus japonicus* during the development of embryo and yolk-sac larvae [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37 (4): 526 - 535. [黄旭雄, 冯隆峰, 温文, 等. 日本鬼鲉胚胎及卵黄囊仔鱼发育过程中脂肪及脂肪酸特性变化. *水产学报*, 2013, 37 (4): 526 - 535.]
- [15] Morrison W R, Smith L M. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron trifluoride methanol [J]. *Journal of Lipid Research*, 1964, 5: 600 - 608.
- [16] Sargent J R, Tocher D R, Bell J G. The lipids[M]// Halver J E, Hardy R W. *Fish nutrition*. 3rd ed. Elsevier, USA, 2002: 181 - 257.
- [17] 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(1-4): 361 - 375.
- [18] Jeong B Y, Jeong W G, Moon S K, *et al.* Preferential accumulation of fatty acids in the testis and ovary of cultured and wild sweet smelt *Plecoglossus altivelis* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2002, 131 (2): 251 - 259.
- [19] Nissen H P, Kreysel H W. Polyunsaturated fatty acids in relation to sperm motility [J]. *Andrologia* 1983, 15(3): 264 - 269.
- [20] Bell J G, Sargent J R. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities [J]. *Aquaculture*, 2003, 218 (1 - 4): 491 - 499.
- [21] Smith W L. The eicosanoids and their biochemical mechanism of action [J]. *Biochemical Physiology*, 1989, 259(2): 315 - 324.
- [22] Zhang H T, Wang A L, Li G L, *et al.* Effect of Nutrient on the Fatty Liver Disease of Fish [J]. *Marine Science Bulletin*, 2004, 23 (1): 82 - 89. [张海涛, 王安利, 李国立, 等. 营养素对鱼类脂肪肝病变的影响. *海洋通报*, 2004, 23 (1): 82 - 89.]

Characteristics of lipid and fatty acid accumulation in wild-caught broodstocks of *Pampus argenteus* from Mindong Seazone

HUANG Xuxiong^{1,2,3*}, WEN Wen¹, WEI Likun¹, FENG Longfeng¹, LV Weiqun¹

(1. Key Laboratory of Freshwater Fishery Germplasm Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China;

2. Shanghai Engineering Research Center of Aquaculture, Shanghai 201306, China;

3. Shanghai University Knowledge Service Platform, Shanghai Ocean University Aquatic Animal Breeding Center, Shanghai 201306, China)

Abstract: Lipid and fatty acids are among the most vital factors that provide marine fish with structural components and energy resources. The fatty acid reserves of broodstocks profoundly affect the fecundity of spawners as well as the quality of the newly hatched larvae. In order to state the characteristics of lipid and fatty acid accumulation in wild-caught broodstocks of *Pampus argenteus*, the lipid and fatty acid content in different tissues of wild broodstocks of silver pomfret, *Pampus argenteus* from Mindong Seazone during the reproductive season were quantitatively investigated with the methods of chloroform-methanol and gas chromatography. The results indicated that there were significant differences in lipid content among gonad, liver and muscle. Mean total lipid levels (% in dry weight) in ovary, testis, liver and muscle were 35.76%, 15.11%, 22.07% and 22.14%, respectively. Testis displayed the highest proportion of polar lipid/total lipid, while muscle displayed the lowest proportion of polar lipid/total lipid. During the reproductive season, the total lipids and neutral lipid contents in ovary increased significantly with the development of the ovary, while the polar lipid content in muscle decreased significantly with the development of the testis. The contents of 20:5n-3 (EPA, 2.25 – 3.87 mg/g), 22:6n-3 (DHA, 6.71 – 13.03 mg/g) and highly unsaturated fatty acids (HUFAs, 17.20 – 29.64 mg/g) in neutral lipid of ovary were the highest. The contents of EPA (0.38 – 0.27 mg/g) and DHA (3.12 – 3.59 mg/g) in polar lipid of testis were the highest. The n-3/n-6 ratio in gonad was significantly higher than those in liver and muscle. The essential fatty acids such as DHA were transferred among the tissues and between different lipid classes of the same tissue. It is therefore suggested that significant differences in total lipid content, total lipid classes and fatty acid contents (mg/g dry mass) were displayed not only among the tissues, but also between different lipid classes of the same tissue. The essential fatty acids were preferentially transferred from neutral lipid in muscle and liver to neutral lipid in ovary with the maturation of ovary.

Key words: *Pampus argenteus*; broodstocks; total lipid; lipid class; fatty acid

Corresponding author: HUANG Xuxiong. E-mail: xxhuang@shou.edu.cn