

文章编号:1000-0615(2008)05-711-06

黄颡鱼早期发育阶段受精卵和鱼体脂肪酸组成变化

卢素芳¹, 赵娜¹, 刘华斌², 何瑞国¹

(1. 华中农业大学动物科技学院, 湖北 武汉 430070; 2. 武汉市蔡甸区畜牧局, 湖北 武汉 430100)

摘要: 研究了黄颡鱼受精卵孵化期间和仔鱼发育阶段脂肪含量和脂肪酸的组成变化规律。采用常规化学分析方法和气相色谱法对黄颡鱼从鱼卵受精开始至仔鱼孵化后未投饵的7 d内的脂肪含量和脂肪酸组成进行测定。结果表明, 受精卵在整个孵化期间脂肪含量有下降趋势。受精卵中不饱和脂肪酸含量大于饱和脂肪酸含量。受精卵在整个孵化期间各种脂肪酸含量无明显变化。仔鱼孵化后, 鱼体总脂肪含量急剧下降, 总脂含量从0日龄的4.57%降低到7日龄的0.75%。仔鱼在饥饿期间鱼体脂肪酸组成发生明显变化, 单不饱和脂肪酸含量下降最为明显, 尤其是C18:1。仔鱼在饥饿期间, 脂肪酸按n-9>n-6>n-3顺序被先后利用, 黄颡鱼仔鱼发育阶段主要以单不饱和脂肪酸作为能量代谢基质, 而C20:4n6(AA)和C22:6n3(DHA)优先于C20:5n3(EPA)被保存下来。

关键词: 黄颡鱼; 受精卵; 仔鱼; 脂肪酸

中图分类号: S965

文献标识码: A

现已证明在鱼个体发育期间, 鱼卵和鱼体的营养成分发生一系列变化^[1-2]。脂类是鱼胚胎发育期间主要的代谢能源^[3]。很多研究表明, 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^[4-5]。在胚胎和仔稚鱼发育过程中, 参与能量代谢的脂类的数量及脂质种类随鱼种类而不同。脂肪酸在鱼苗期起着十分重要的作用, 特别是高度不饱和脂肪酸中的n-3系列(如DHA、EPA和AA)是海水仔、稚、幼鱼的必需脂肪酸, 对维持细胞膜结构和机能的完整性极为重要, 而且是构成统称为类二十烷酸的高生物活性旁分泌素的前体^[6]。

由于鱼卵含有胚胎发育和仔鱼生长过渡到外源性营养阶段所必需的全部营养要素, 因此分析鱼卵的化学成分有助于了解仔稚鱼的营养需要。另外, 鱼体的脂类和脂肪酸组成可以作为仔稚鱼营养状况的指标。目前有关黄颡鱼仔鱼早期生长发育阶段的脂类代谢研究较少, 相关一些营养素

代谢变化研究仅停留在某个特定阶段, 并未连续完整地研究从受精卵胚胎一直到仔鱼早期发育整个过程。因此为了更好地掌握黄颡鱼仔鱼能量代谢情况, 本文研究了黄颡鱼从受精卵到仔鱼发育过程中脂肪酸含量变化, 为研究黄颡鱼仔稚鱼的脂肪酸营养需要及开口饲料的研制提供参考。

1 材料和方法

1.1 受精卵和仔鱼

黄颡鱼受精卵及同一批卵所孵化的仔鱼取自华中农业大学黄颡鱼繁育基地, 由天然湖泊捕捞的黄颡鱼亲本运用人工催产授精方法获得。鱼卵受精后从孵化初期开始每隔8小时取一次受精卵约500粒, 每次三个平行样, 直至仔鱼出膜(受精后48h)。受精卵经过约50h出膜后, 将初孵仔鱼从孵化池转移到3个长方形水箱中(水体积300L), 每个水箱5000尾鱼, 做饥饿试验。自初孵仔鱼(0日龄)开始, 每日分别从饥饿组取样, 每

收稿日期: 2007-07-17

资助项目: 湖北省“十一五”科技攻关项目部分资助(2005AA205A08)

作者简介: 卢素芳(1978-), 女, 福建尤溪人, 博士研究生, 从事水产营养与饲料的研究。E-mail: sophielu99@163.com

通讯作者: 何瑞国, Tel: 027-87280479, E-mail: hruiquo@yahoo.com.cn

次取样 500~600 尾,至仔鱼 7 日龄左右,即平均死亡率达到 90%以上。每次取样时,都将受精卵和仔鱼用滤纸拭去表面多余水分,用电子天平称其质量(精确到 0.0001 g),并迅速置于 -80 °C 冰箱保存待分析。

试验育苗用水为经室外蓄水池沉淀过滤并充分曝气的天然湖水,隔日采用虹吸方法换水约 20%。试验期间水温 26~30 °C,溶解氧 >5 mg·L⁻¹,pH 7.6±0.5,氨氮含量 <0.02 mg·L⁻¹,亚硝酸盐含量 <0.01 mg·L⁻¹。采用自然光照,光照持续时间与自然白昼保持一致。每个水箱内各放置一个气石,24 h 连续充气,其它生产管理同育苗实际生产。为保证水质清新,每日定时吸底清污,除去水中粪便,并及时捞出死鱼。

1.2 脂类及脂肪酸分析

脂肪提取 氯仿-甲醇法提取脂质^[7]。将样品研磨,称取 0.5 g 左右样品转入试管,先加 1 mL 氯仿和甲醇混合液(2:1)立即漩涡振荡 1 min,再加 6 mL 氯仿和甲醇溶液(2:1),边加边用力振荡,室温放置,静置抽提 4 h。尔后再加 1.5 mL 双蒸水,以 3500 r·min⁻¹ 速度离心 10 min,使其完全分层。分层后收集下层氯仿(含全部脂肪),并用无水硫酸钠干燥;残液中加氯仿 3 mL 搅拌,再离心后吸取氯仿层,并入提取液。取氯仿提取液 2 mL,氮气吹干,称重,可得样品中总脂肪含量。剩余提取液氮气挥干后密封于 -20 °C 贮存待测。

脂肪酸甲酯化 将上述氯仿挥干物加入 1~2 mL 沸程 30~60 °C 的石油醚和苯的混和溶剂(1:1),轻轻摇动使油脂溶解。加入 1~2 mL 0.4 mol·L⁻¹ 氢氧化钾-甲醇溶液,混匀。在室温静置 5~10 min 后,加蒸馏水使全部石油醚-苯甲酯溶液升至瓶颈上部,放置待澄清。吸取上清液,上机测定。

脂肪酸分析条件 37 种脂肪酸甲酯混合标准品及 17 种脂肪酸甲酯标准品,分别购自 Supelco 公司和 Sigma 公司。

采用美国 Varian GC-3800 气相色谱仪。CPSil88-for-FAME 毛细管色谱柱,柱长 50 m,内径 0.25 mm,膜厚 0.2 μm。FID 检测器,气化温度 250 °C;检测温度 270 °C;柱流量 1.0 mL·min⁻¹,载气为高纯氮气,流量 29 mL·min⁻¹,氢气燃烧气流量 30 mL·min⁻¹,空气助燃气流量 300

mL·min⁻¹;采取程序升温:起始柱温 100 °C;以 5 °C·min⁻¹ 速度升至 200 °C,保持 5 min;以 2 °C·min⁻¹ 速度升至 225 °C,保持 2 min;分析时间 39.5 min。进样量 0.5 μL。

各种脂肪酸的确定参照脂肪酸甲酯标准品和保留时间来进行。定量分析采用对各组分峰面积积分,用归一法计算出脂肪酸各组分的相对含量。

1.3 数据处理

试验数据采用 SAS 8.1 软件进行处理。试验结果以平均值±标准差表示,采用 ANOVA 进行单因素方差分析及 Duncan 氏方法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 受精卵的脂肪酸组成

黄颡鱼受精卵孵化阶段脂肪酸组成测定结果见表 1。黄颡鱼受精卵共检测到 18 种脂肪酸。受精卵含有较多多不饱和脂肪酸(PUFA)(23%~25%)和单不饱和脂肪酸(MUFA)(34%~35%),两者总含量高于饱和脂肪酸(SFA)(38%~40%)。在整个胚胎发育期间,受精卵中的 PUFA 主要为 C22:6n3、C18:2n6、C20:4n6、C20:5n3、C22:5n3、C18:3n3 和 C20:3n6, MUFA 主要为 C18:1n9 和 C16:1n3。C16:0、C18:0 和 C14:0 是主要 SFA。受精卵在整个孵化期间脂肪含量有下降趋势,各种脂肪酸含量无明显变化。

2.2 初孵仔鱼脂肪酸组成

由表 2 可知,仔鱼孵化后,鱼体总脂含量急剧下降,总脂含量从 0 日龄的 4.57% 降低到 7 日龄的 0.75%。初孵仔鱼的脂肪酸组成与受精卵相比有较大差异。SFA 中 C16:0、C18:0 自孵出开始随饥饿时间延长,含量显著增加,并高于受精卵含量,但 3 日龄后 C16:0 含量趋于稳定。C22:6n3 (DHA) 含量在发育期间持续上升,从 0 日龄的 6.16% 上涨到 7 日龄的 13.79%。C20:4n6(AA) 含量也呈上升趋势,但 3 日龄后趋于稳定。C20:5n3(EPA) 含量 0~3 日龄在 3.42%~2.79% 之间波动,3 日龄后含量明显下降。SFA 含量呈相对上升趋势, MUFA 含量呈相对下降趋势,从 0 日龄的 36.74% 下降到 7 日龄的 22.94%,尤其是 18:1 下降尤为明显。仔鱼饥饿后 n-6 系列脂肪酸含量略有降低而 n-3 系列含量相对增加,从而导致 n-3/n-6 比率上升,且 7 日龄的比率值高于受精卵值。根据脂肪酸组成变化,可判断仔鱼

在饥饿期间,脂肪酸按 n-9、n-6、n-3 顺序被先后利用, MUFA 作为黄颡鱼仔鱼发育阶段的重
要能源被首先利用,而 AA 和 DHA 被优先保存下来。

表 1 黄颡鱼受精卵孵化期间脂肪酸组成(占总脂肪酸的百分比%)

Tab. 1 Fatty acid composition(% of total fatty acid methyl esters) of the total lipids of fertilized eggs during hatching

脂肪酸 fatty acid	受精卵孵化阶段(h) fertilized eggs during hatching					
	0	8	16	24	36	44
C14:0	1.59 ± 0.02 ^{abc}	1.68 ± 0.08 ^a	1.47 ± 0.04 ^d	1.66 ± 0.00 ^{ab}	1.59 ± 0.02 ^{bc}	1.53 ± 0.01 ^{cd}
C16:0	25.53 ± 0.12 ^{ab}	26.62 ± 0.67 ^a	24.74 ± 0.54 ^b	25.84 ± 0.83 ^{ab}	25.48 ± 0.25 ^{ab}	25.46 ± 0.28 ^{ab}
C16:1	7.23 ± 0.04 ^{abc}	7.58 ± 0.29 ^a	6.65 ± 0.33 ^d	7.45 ± 0.01 ^{ab}	7.11 ± 0.13 ^{bc}	6.88 ± 0.01 ^{cd}
C18:0	11.56 ± 0.17 ^b	11.46 ± 0.14 ^b	11.31 ± 0.53 ^b	11.29 ± 0.54 ^b	11.55 ± 0.16 ^b	12.83 ± 0.40 ^a
C18:1n9t	0.49 ± 0.01 ^{ab}	0.46 ± 0.01 ^b	0.50 ± 0.04 ^a	0.52 ± 0.00 ^a	0.52 ± 0.01 ^a	0.45 ± 0.01 ^b
C18:1n9c	21.10 ± 0.07 ^a	21.55 ± 0.03 ^a	21.34 ± 0.50 ^a	21.79 ± 0.77 ^a	21.32 ± 0.07 ^a	19.92 ± 0.20 ^b
C18:1n7	6.52 ± 0.16 ^a	6.65 ± 0.00 ^a	6.41 ± 0.34 ^a	6.62 ± 0.10 ^a	6.61 ± 0.02 ^a	6.64 ± 0.02 ^a
C18:2n6c	3.50 ± 0.03 ^b	3.51 ± 0.01 ^b	3.52 ± 0.01 ^b	3.59 ± 0.04 ^a	3.44 ± 0.02 ^c	3.29 ± 0.01 ^d
C18:3n6	0.63 ± 0.01 ^a	0.60 ± 0.04 ^a	0.61 ± 0.04 ^a	0.63 ± 0.05 ^a	0.65 ± 0.01 ^a	0.59 ± 0.01 ^a
C18:3n3	1.42 ± 0.01 ^a	1.38 ± 0.01 ^b	1.38 ± 0.00 ^b	1.37 ± 0.00 ^b	1.33 ± 0.01 ^c	1.16 ± 0.01 ^d
C20:1n9	0.41 ± 0.01 ^b	0.34 ± 0.01 ^c	0.37 ± 0.01 ^c	0.36 ± 0.01 ^c	0.41 ± 0.02 ^b	0.51 ± 0.04 ^a
C20:2n6	0.76 ± 0.01 ^a	0.75 ± 0.01 ^a	0.79 ± 0.04 ^a	0.77 ± 0.01 ^a	0.78 ± 0.01 ^a	0.75 ± 0.01 ^a
C20:3n6	1.22 ± 0.01 ^b	1.18 ± 0.04 ^b	1.19 ± 0.08 ^b	1.20 ± 0.01 ^b	1.24 ± 0.00 ^b	1.35 ± 0.01 ^a
C20:4n6	3.90 ± 0.10 ^{ab}	3.76 ± 0.34 ^{ab}	3.60 ± 0.20 ^b	3.70 ± 0.01 ^{ab}	3.95 ± 0.23	4.11 ± 0.04 ^a
C20:5n3	4.00 ± 0.04 ^{ab}	3.65 ± 0.03 ^b	3.73 ± 0.32 ^{ab}	3.70 ± 0.09 ^b	3.83 ± 0.01 ^{ab}	4.09 ± 0.06 ^a
C22:2n6	0.76 ± 0.00 ^a	0.69 ± 0.01 ^{cd}	0.67 ± 0.03 ^d	0.70 ± 0.01 ^c	0.73 ± 0.00 ^b	0.70 ± 0.00 ^c
C22:5n3	1.71 ± 0.01 ^a	1.42 ± 0.06 ^c	1.45 ± 0.03 ^c	1.53 ± 0.01 ^{bc}	1.65 ± 0.01 ^{ab}	1.75 ± 0.06 ^a
C22:6n3	7.25 ± 0.10 ^{ab}	6.29 ± 0.33 ^c	6.33 ± 0.07 ^c	6.70 ± 0.41 ^{bc}	7.24 ± 0.02 ^{ab}	7.56 ± 0.35 ^a
SFA	38.69 ± 0.07 ^a	39.76 ± 0.62 ^a	38.92 ± 0.59 ^a	38.79 ± 1.38 ^a	38.62 ± 0.12 ^a	39.82 ± 0.69 ^a
MUFA	35.74 ± 0.13 ^{ab}	36.57 ± 0.32 ^a	36.14 ± 1.27 ^a	36.74 ± 0.87 ^a	35.96 ± 0.19 ^a	34.39 ± 0.21 ^b
PUFA	25.21 ± 0.02 ^{ab}	23.27 ± 0.81 ^b	24.46 ± 1.87 ^{ab}	23.93 ± 0.49 ^{ab}	24.87 ± 0.25 ^{ab}	25.41 ± 0.31 ^a
n-6	10.77 ± 0.06 ^a	10.48 ± 0.42 ^a	10.52 ± 0.46 ^a	10.59 ± 0.06 ^a	10.78 ± 0.23 ^a	10.78 ± 0.04 ^a
n-3	14.37 ± 0.07 ^a	12.74 ± 0.40 ^b	12.94 ± 0.10 ^b	13.29 ± 0.42 ^b	14.04 ± 0.02 ^a	14.55 ± 0.33 ^a
n-3/n-6	1.33 ± 0.01 ^a	1.22 ± 0.01 ^c	1.24 ± 0.02 ^c	1.26 ± 0.04 ^{bc}	1.30 ± 0.03 ^{ab}	1.35 ± 0.03 ^a
含脂量%	3.39 ± 0.13 ^a	3.29 ± 0.08 ^a	3.08 ± 0.36 ^{ab}	2.98 ± 0.01 ^{ab}	2.78 ± 0.11 ^b	2.72 ± 0.20 ^b

注: 1) 表中数据以平均数 ± 标准差表示 (n=3)

2) 同行数据后肩标字母完全不同表示差异显著 (P<0.05), 肩标字母相同或部分相同表示差异不显著 (P>0.05)

Notes: 1) Each value is the Mean ± SD of determinations (n=3)

2) Values in the same row with entirely different superscript are significant (P<0.05), values in the same row with same superscript are not significant (P>0.05)

表2 黄颡鱼初孵仔鱼发育阶段脂肪酸组成(占总脂肪酸的百分比%)
Tab.2 Fatty acid composition (% of total fatty acid methyl esters) of the total lipids of larvae starved for 7 days during development

脂肪酸 fatty acid	孵化后发育阶段(d) development stage after hatching					
	D0	D1	D2	D3	D5	D7
C16:0	26.87 ± 1.44 ^b	27.15 ± 0.63 ^b	31.04 ± 0.83 ^a	32.13 ± 0.44 ^a	31.95 ± 0.69 ^a	32.13 ± 0.86 ^a
C16:1	7.55 ± 0.62 ^a	6.06 ± 0.20 ^b	4.40 ± 0.51 ^c	3.26 ± 0.13 ^d	2.05 ± 0.17 ^e	1.21 ± 0.17 ^f
C18:0	11.35 ± 0.01 ^c	12.82 ± 0.40 ^d	15.24 ± 0.83 ^c	16.71 ± 0.58 ^b	18.95 ± 0.69 ^a	18.61 ± 0.60 ^a
C18:1n9t	0.48 ± 0.04 ^a	0.47 ± 0.00 ^a	0.39 ± 0.01 ^b	0.34 ± 0.01 ^c	0.24 ± 0.01 ^d	0.21 ± 0.01 ^d
C18:1n9c	21.66 ± 0.11 ^a	20.59 ± 0.72 ^a	17.71 ± 0.49 ^b	15.78 ± 0.36 ^c	15.32 ± 0.42 ^c	17.34 ± 0.76 ^b
C18:1n7	6.68 ± 0.08 ^a	6.24 ± 0.10 ^b	5.83 ± 0.03 ^c	5.47 ± 0.10 ^c	4.02 ± 0.09 ^d	3.81 ± 0.32 ^d
C18:2n6c	3.59 ± 0.01 ^a	3.42 ± 0.50 ^{ab}	2.82 ± 0.42 ^{bc}	2.17 ± 0.17 ^{cd}	1.91 ± 0.05 ^d	1.44 ± 0.31 ^d
C18:3n6	0.69 ± 0.01 ^a	0.67 ± 0.02 ^a	0.60 ± 0.00 ^b	0.49 ± 0.00 ^c	0.42 ± 0.03 ^d	0.36 ± 0.03 ^e
C18:3n3	1.37 ± 0.00 ^a	1.14 ± 0.09 ^b	0.88 ± 0.08 ^c	0.63 ± 0.03 ^d	0.40 ± 0.02 ^e	0.24 ± 0.01 ^f
C20:1n9	0.38 ± 0.04 ^a	0.36 ± 0.02 ^a	0.28 ± 0.03 ^b	0.25 ± 0.04 ^b	0.18 ± 0.01 ^c	—
C20:2n6	0.71 ± 0.03 ^a	0.71 ± 0.04 ^a	0.60 ± 0.01 ^b	0.54 ± 0.01 ^c	0.45 ± 0.02 ^d	0.37 ± 0.02 ^e
C20:3n6	1.14 ± 0.08 ^{ab}	1.17 ± 0.08 ^a	1.03 ± 0.06 ^{ab}	1.06 ± 0.04 ^{ab}	0.99 ± 0.04 ^b	0.78 ± 0.07 ^c
C20:4n6	3.62 ± 0.33 ^d	4.02 ± 0.31 ^{cd}	4.26 ± 0.30 ^{bc}	4.82 ± 0.13 ^{ab}	5.01 ± 0.08 ^a	4.51 ± 0.27 ^{abc}
C20:4n3	—	—	0.15 ± 0.01 ^c	0.17 ± 0.02 ^c	0.43 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.04 ^a
C20:5n3	3.42 ± 0.27 ^{ab}	3.54 ± 0.29 ^a	2.98 ± 0.05 ^{bc}	2.79 ± 0.01 ^c	1.93 ± 0.08 ^d	1.15 ± 0.21 ^e
C22:2n6	0.68 ± 0.03 ^a	0.66 ± 0.04 ^a	0.49 ± 0.01 ^b	0.44 ± 0.01 ^c	0.24 ± 0.01 ^d	0.14 ± 0.01 ^e
C22:5n3	1.41 ± 0.22 ^a	1.57 ± 0.15 ^a	1.46 ± 0.19 ^a	1.56 ± 0.08 ^a	1.46 ± 0.05 ^a	1.02 ± 0.08 ^b
C22:6n3	6.16 ± 0.40 ^c	6.89 ± 0.15 ^c	7.97 ± 0.53 ^d	9.79 ± 0.45 ^c	12.93 ± 0.64 ^b	13.96 ± 0.36 ^a
SFA	39.99 ± 1.60 ^c	41.46 ± 0.93 ^c	47.69 ± 0.18 ^b	50.02 ± 0.08 ^a	51.88 ± 0.04 ^a	51.71 ± 1.28 ^a
MUFA	36.74 ± 0.74 ^a	33.71 ± 0.82 ^b	28.60 ± 1.05 ^c	25.09 ± 0.57 ^d	21.80 ± 0.71 ^e	23.00 ± 1.09 ^e
PUFA	22.77 ± 1.35 ^b	24.18 ± 1.32 ^{ab}	23.22 ± 0.66 ^b	24.44 ± 0.52 ^{ab}	26.14 ± 0.60 ^{ab}	24.69 ± 0.81 ^a
n-6	10.42 ± 0.57 ^a	10.64 ± 0.64 ^a	9.79 ± 0.04 ^{ab}	9.50 ± 0.00 ^b	9.01 ± 0.05 ^b	7.58 ± 0.56 ^c
n-3	12.35 ± 0.89 ^c	12.94 ± 0.30 ^c	13.43 ± 0.70 ^c	14.94 ± 0.52 ^b	17.13 ± 0.65 ^a	17.11 ± 0.25 ^a
n-3/n-6	1.19 ± 0.04 ^d	1.27 ± 0.09 ^d	1.38 ± 0.08 ^{cd}	1.57 ± 0.06 ^c	1.90 ± 0.08 ^b	2.26 ± 0.14 ^a
含脂量%	4.57 ± 0.01 ^a	1.72 ± 0.11 ^b	1.36 ± 0.01 ^c	1.18 ± 0.05 ^d	1.00 ± 0.03 ^e	0.75 ± 0.03 ^f

注: 1) 表中数据以平均数 ± 标准差表示 ($n=3$)

2) 同行数据后肩标字母完全不同表示差异显著 ($P<0.05$), 肩标字母相同或部分相同表示差异不显著 ($P>0.05$)

3) “—”表示未检测到

Notes: 1) Each value is the Mean ± SD of determinations ($n=3$)

2) Values in the same row with entirely different superscript are significant ($P<0.05$), values in the same row with same superscript are not significant ($P>0.05$)

3) “—” means not detected

3 讨论

脂肪是鱼类胚胎和胚后发育阶段重要的代谢能源,而且大部分可能是作为胚后发育的内源性营养物质。黄颡鱼受精卵在孵化期间脂肪含量和脂肪酸组成变化不大,可能正是因为这阶段脂类主要用于构建生物膜等结构物质,而非为胚胎发育提供能量,卵黄脂肪消耗少。仔鱼孵出后,来自鱼卵油球的脂类是仔鱼从孵化到开口阶段的主要能源物质,卵黄囊中的内源性营养被逐渐消耗,因而仔鱼脂类含量下降。当鱼体消耗原来体内存储的量而未能从外界及时摄取营养时,仔鱼只有

利用自身储能物质提供能量以维持生命,因此鱼体脂肪进一步迅速减少。本研究也发现黄颡鱼仔鱼在平游阶段(3日龄后)鱼体脂肪酸组成变化尤为明显,饥饿的仔鱼在水中游动为了存活除了通过降低代谢水平只能动用自身储存能量,这样可使仔鱼短期内应对营养物质的缺乏,在一定程度上仍能保持机体生化组成的稳定。而正常情况下这时候的仔鱼需提供外源性营养,否则营养持续缺乏将导致仔鱼大量死亡。本研究结果证实仔鱼3日龄后由于消耗了原来体内存储的量而又不能从外界及时摄取营养,与此相关的许多重要的生理生化过程被抑制,最终导致死亡。

本试验研究表明黄颡鱼仔鱼在饥饿期间,对体内不同脂肪酸利用有一定优先顺序,为 MUFA > n-6 > n-3 和 SFA,特别是 MUFA 中的 C18:1、C16:1 优先被仔鱼利用,说明 MUFA 对饥饿黄颡鱼仔鱼提供能量的重要性,这和前人在虹鳟 (*Maccullochella macquarensis*)、金头鲷 (*Sparus aurata*)、真鲷 (*Pagrus major*) 等一些鱼类研究结果一致^[8-10]。但不同于鲢仔鱼主要以饱和脂肪酸作为能量代谢基质^[11]。说明不同鱼类的脂肪酸需求与合成、转移途径存在差异。

大量研究证实,(n-3)HUFA 是仔稚鱼的必需脂肪酸。鱼卵中含有丰富的 DHA 和 EPA,这两种(n-3)HUFA 对胚胎发育十分重要。仔稚鱼阶段是脑神经和视神经迅速生长发育的时期,仔稚鱼需从饵料中摄取 DHA 等重要营养物质,以满足其脑神经和视神经发育的需要。鲤 (*Cyprinus carpio*)、大西洋鲱 (*Etrumeus sadina*) 和斑点叉尾鲷 (*Ictalurus punctatus*) 饥饿期间 DHA 占总脂肪酸比例增加^[12-15],DHA 未被动用可能由于它是细胞膜的必需成分,对仔鱼神经发育和功能有重要影响。本研究中黄颡鱼仔鱼饥饿期间,首先利用其它脂肪酸,而将 DHA 优先保存下来,而且比 EPA 优先保存,进一步说明对于黄颡鱼仔稚鱼来说 DHA 的作用比 EPA 的作用更为明显,真鲷和牙鲆 (*Paralichthys olivaceus*) 仔稚鱼的研究结果也证实了这一点^[16-17]。黄颡鱼仔稚鱼在饥饿期间,AA 也被有选择地保存下来,说明 n-6 系列的高不饱和脂肪酸也是黄颡鱼仔稚鱼重要的必需脂肪酸。仔鱼饥饿期间 SFA 相对含量提高,这可能和生物转化过程有关^[18]。

在未投饵前,EPA 和 DHA 就已存在,并且饥饿后仔鱼 DHA 含量有所增加,除了由于脂肪消耗对 DHA 的蓄留原因外,虽然也能从一定程度上说明黄颡鱼仔鱼具有将 18C 多不饱和脂肪酸转化为 20C 和 22C 长链高度不饱和脂肪酸的能力,但孵出时仔鱼 18C 多不饱和脂肪酸含量并不高,因此对于黄颡鱼在胚胎及仔鱼发育阶段的脂肪酸代谢转化利用途径仍值得进一步探讨。

参考文献:

- [1] Chu F L E, Ozkizilcik S. Lipid and Fatty acid composition of striped bass (*Morone saxatilis*) larvae during development [J]. Comp Biochem Physiol, 1995, 111(4): 665-674.
- [2] Abi-ayad S M E A, Kestemont P M C. Dynamics of total lipids and fatty acids during embryogenesis and larval development of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) [J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2000, 23: 233-243.
- [3] Sargent J R. Origins and functions of egg lipids; nutritional implications [J]. Broodstock Management and Egg and Larval Quality, 1995: 353-372.
- [4] Eldridge M B, Joseph J D, Taberski K M. Lipid and fatty acid composition of the endogenous energy sources of striped bass (*Morone saxatilis*) eggs [J]. Lipids, 1983, 18: 510-513.
- [5] 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.
- [6] Mourente G, Rodriguez A, Tocher D R, et al. Effects of dietary docosahexaenoic acid (DHA; 22:6n3) on lipid and fatty acid compositions and growth in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae during first feeding [J]. Aquaculture, 1993, 112: 79-98.
- [7] Folch J, Lees M, Sloane G H. A simple method for isolation and purification of total lipid from animal tissues [J]. J Biol Chem, 1957, 226: 497-509.
- [8] Rasanthi M, Gunasekera, Sena S, et al. Chemical changes in fed and starved larval trout cod, *Maccullochella macquarensis* during early development [J]. Fish Physiology and Biochemistry 2001, 25: 255-268.
- [9] Koven W M, Kissil G W, Tandler A. Lipid and n-3 requirement of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding [J]. Aquaculture, 1989, 79: 185-191.
- [10] Tandler A, Watanabe T, Satoh S, et al. The effect of food deprivation on the fatty acid and lipid profile of red seabream (*Pagrus major*) larvae [J]. Brit J Nutr, 1989, 62: 349-361.
- [11] 朱邦科,曹文宣. 鲢早期发育阶段鱼体脂肪酸组成变化[J]. 水生生物学报, 2002, 26(2): 130-135.
- [12] Murata H, Higashi T. Selective utilization of fatty acids as energy source in carp [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1980, 46: 1333-1338.
- [13] Takeushi T, Watanabe T. Effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of carp and rainbow trout [J].

- Bull Jap Soc Sci Fish, 1982, 48: 1307–1316.
- [14] Tocher D R, Fraser A J, Sargent J R, *et al.* Lipid class composition during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus*) [J]. Lipids, 1985, 20: 84–89.
- [15] Tidwell J H, Webster C D, Clark J A. Effects of feeding, starvation, and refeeding on the fatty acid composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) tissues [J]. Comp Biochem Physiol, 1992, 103: 365–368.
- [16] Takeuchi T, Tovota M, Satoh S, *et al.* Requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1990, 56: 1263–1269.
- [17] Watanabe T. Importance of docosahexaenoic acid in marine larval fish [J]. World Aqua Soc, 1993, 24: 152–161.
- [18] Henderson R J, Sargent J R. Fatty acid metabolism in fish [J]. Nutrition and Feeding in Fish, 1985, 349–364.

Changes in fatty acid composition during development in *Pelteobagrus fulvidraco* fertilized eggs and larvae

LU Su-fang¹, ZHAO Na¹, LIU Hua-bin², HE Rui-guo¹

(1. College of Animal Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Animal Husbandry Bureau of Caidian District, Wuhan 430100, China)

Abstract: To establish the changes which during embryogenesis and early larval development, fertilized eggs and larvae of *Pelteobagrus fulvidraco* were examined for lipid content and fatty acid compositions. The lipid content and fatty acid composition in the fertilized eggs and larvae which did not feed for 7 days after hatching were analyzed by means of common chemical assay and gas chromatography (GC). The results showed that the lipid content of fertilized eggs tended to increase during hatching period. Fertilized eggs contained more polyunsaturated fatty acids (PUFA) and monounsaturated fatty acids (MUFA) than saturated fatty acids (SFA). There was no significant change in the proximate fatty acid composition of eggs during hatching. The lipid content of larvae decreased sharply after hatching. Total lipid decreased from 4.57% on day 0 to 0.75% on day 7. The fatty acid composition in starved larvae changed significantly as starvation progressed. In starved larvae the MUFA content decreased significantly and the greatest decrease occurred in the C18:1 content. In this regard the degree of decreases was, $n-9 > n-6 > n-3$, suggesting that MUFA were a major energy source for starving *Pelteobagrus fulvidraco* larvae, DHA and AA were conserved in preference to EPA.

Key words: *Pelteobagrus fulvidraco*; fertilized egg; larvae; fatty acid