

长牡蛎早期胚胎发育中脂肪酸和氨基酸组成变化的研究

刘鹏超^{1,2}, 阙华勇¹, 张国范¹

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 采用生物化学方法研究了长牡蛎(*Crassostrea gigas*) 早期胚胎发育过程中脂肪酸、氨基酸组成变化情况, 分别获取受精后 0、6、12、24 h 的胚胎或幼虫进行检测和分析, 结果如下: 在受精卵中共检测到 27 种脂肪酸, 豆蔻酸(14:0)、软脂酸(16:0)、硬脂酸(18:0), EPA(20:5 ω 3)和 DHA(22:6 ω 3)占总脂肪酸含量在各时期均较高; 随着发育进行, 饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸占总脂肪酸的比例不断增大, 而多不饱和脂肪酸所占比例逐渐下降, ω 3 系列和 ω 6 系列脂肪酸比例有不同程度的下降。共检测到 16 种氨基酸, 包括 7 种必需氨基酸, 7 种非必需氨基酸和 2 种半必需氨基酸, 总氨基酸含量随着发育进行不断降低。

关键词: 长牡蛎; 胚胎发育; 脂肪酸; 氨基酸

中图分类号: S917.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)10-0016-06

贝类胚胎及幼虫发育过程中化学物质变化研究主要是研究贝类从受精卵到变态期间各个主要时期胚胎及幼虫体内主要生化组成(脂类、脂肪酸、蛋白质、氨基酸、碳水化合物、核酸)及变化情况, 国外已经开展了大量的研究^[1-5], 国内关于水产动物早期发育中生化组成及变化的研究主要集中在鱼类和甲壳类^[6-10], 贝类方面尚未见到详细报道。

长牡蛎(*Crassostrea gigas*)隶属于软体动物门、双壳纲、珍珠贝目、牡蛎科, 是一种广温广盐性内湾贝类, 其肉味鲜美, 营养丰富, 具有很高的经济价值, 是我国主要的牡蛎养殖种类之一, 也是世界各国海水养殖业重要的养殖对象。本文通过对长牡蛎早期胚胎发育中脂肪酸、氨基酸组成及变化的研究, 深化对长牡蛎发育过程的了解, 为长牡蛎早期发育中营养需求的研究提供基础资料。

1 材料方法

1.1 实验材料

本实验所用性成熟长牡蛎购于福建省漳州市漳浦县霞美镇, 置于实验室 1 立方水槽中自然海水暂养, 每天换水两次, 换水量为 50%, 定时投喂小新月菱形藻、金藻等单细胞藻类, 辅以螺旋藻粉, 每天投喂 3 次。实验时, 随机选择牡蛎解剖, 镜检, 选择发育良好的卵子和活力好的精子实施人工授精, 受精卵中一部分作为受精后 0 h 样品取样, 其余受精卵置于 50L 水桶中培育, 水温控制在 25℃左右, 每 0.5 h

搅拌 1 次, 微量充气。分别在受精后 6 h(囊胚), 12 h(担轮幼虫), 24 h(D 形幼虫)用 400 目筛绢网取样。使用细胞计数板统计每毫升水样中胚胎或幼虫的数量以计算样品中总数量, 所取样品经 6000 r/min 离心后, 小心吸去上层海水, 置于-20℃下冷冻保存。

1.2 测定方法

1.2.1 脂肪酸测定方法

受精后各发育时期样品经 24 h 冷冻干燥处理后, 参照 GB/T 22223-2008 的方法测定脂肪酸组成。所用仪器为 Agilent 7890A 气相色谱仪, 每个时期样品设两个重复。

1.2.2 氨基酸测定

经 24 h 冷冻干燥处理的样品采用 PITC(异硫氰酸苯酯)柱前衍生法测定氨基酸含量, 所用仪器为 alliance 2695 高效液相色谱(HPLC), 每个样品设两个重复。

1.3 数据分析

用单因素方差分析(ONE-WAY ANOVA)和 Tukey's Post Hoc Tests 方法处理和比较相应的数据。所用软件为 SPSS(16.0 版), 文中描述性统计值用平均值±

收稿日期: 2010-05-18; 修回日期: 2010-09-11

基金项目: 国家 863 计划项目(2006AA10A401); 国家自然科学基金项目(30471326); 山东省博士基金(2005BS07002)

作者简介: 刘鹏超(1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事贝类养殖生物学研究, E-mail: liupengchao0007@126.com; 通信作者: 阙华勇, E-mail: hque@qdio.ac.cn

标准误差表示, 显著性水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 长牡蛎早期胚胎发育脂肪酸组成变化

长牡蛎受精后 0、6、12、24 h 等 4 个发育节点脂肪酸组成及变化情况见表 1。从脂肪酸组成看, 受精卵共检测到 27 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 8 种, 单不饱和脂肪酸 8 种, 多不饱和脂肪酸 11 种。在 8 种饱和脂肪酸中, 碳原子数目较少的豆蔻酸(14:0)、软脂酸(16:0)、硬脂酸(18:0)占主导地位, 而奇数碳原子脂肪酸(15:0、17:0)和高碳原子数目的脂肪酸(20:0、22:0、24:0)含量较少; 在单不饱和脂肪酸中含量最高的是棕榈油酸(16:1 ω 7), 其他的含量均较低; 11 种多不饱和脂肪酸包括 5 种 ω 6 系列脂肪酸和 6 种 ω 3 系列脂肪酸, 含量最高的是 EPA(20:5 ω 3) 和 DHA(22:6 ω 3), 亚油酸(18:2 ω 6) 和花生四烯酸(20:4 ω 6) 是 ω 6 中含量最高的。

饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸占总脂肪酸的比例随着发育进行不断增大, 而多不饱和脂肪酸比例逐渐下降。饱和脂肪酸占总脂肪酸比例在 24 h 发育中上升了 18% 左右; 24 h 时单不饱和脂肪比例相对 0 h 时也有显著上升($P<0.05$), 但是上升比例较小, 在 2% 左右; 多不饱和脂肪酸比例显著下降($P<0.05$), ω 3 系列和 ω 6 系列脂肪酸比例都有不同程度的下降(表 1)。

受精后 0、6、12、24 h 4 个节点 $\sum\omega$ 3/ $\sum\omega$ 6 比值无明显变化($P>0.05$), 但随着胚胎发育的进行, $\sum\omega$ 3 与 $\sum\omega$ 6 比值呈减小的趋势。在长牡蛎 24 h 早期发育中, 除了 20:4 ω 3 和 DHA, 其他 4 种 ω 3 系列脂肪酸含量都显著降低($P<0.05$), 而 ω 6 系列中除 20:2 ω 6 在 24 h 未检出外, 其他 4 种含量都无明显变化($P>0.05$, 表 1)。

DHA/EPA 比值在受精后 0、6、12 h 三个节点无明显变化, 而在受精后 24 h, DHA/EPA 比值有所增大, 但不显著($P>0.05$)。在前三个时期 DHA 与 EPA 含量相对稳定, 而在后面的发育中 DHA 相对 EPA 的含量升高(表 1)。

2.2 长牡蛎早期胚胎发育中氨基酸组成变化

在长牡蛎受精后 0、6、12、24 h 均能检测到 16 种氨基酸, 包括 7 中必需氨基酸, 7 种非必需氨基酸, 2 种半必需氨基酸, 胱氨酸未检测出(表 2)。

总氨基酸含量(%干质量)随着胚胎发育进行不断降低, 前三个时期变化不明显, 24 h 时明显下降($P<0.05$)。必需氨基酸总和、非必需氨基酸总和、半必需氨基酸总和都随着胚胎发育而降低, 与总氨基酸含量变化有正相关性。在受精卵中, 含量最高的是谷氨酸, 其次是精氨酸、赖氨酸、亮氨酸。这 4 种氨基酸在 4 个时间点含量都保持较高水平。除苯丙氨酸、苏氨酸及丝氨酸含量在发育过程个别阶段有不显著增高外, 其他各种氨基酸含量都随着发育时间进行而降低(表 2)。

3 讨论

3.1 脂肪酸组成及其变化

本研究中长牡蛎受精卵中饱和脂肪酸含量高于多不饱和脂肪酸, 单不饱和脂肪酸含量最少。在菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)中研究发现含量最高的同样为饱和脂肪酸, 多不饱和脂肪酸最少^[11]。而在加拿大两种贝类虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)、巨扇贝(*Crassadoma gigantea*)的研究中发现, 两种贝类卵子中含量最高的均为 EPA, 对应的多不饱和脂肪酸含量要高于饱和脂肪酸, 单不饱和脂肪酸含量最少^[2, 12]。不同贝类种类生殖腺或卵子中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸比例相差很大^[2, 11-13], 不同贝类性腺成熟过程中摄食饵料不同可能是造成这种现象的一个重要原因。此外我们发现, 多不饱和脂肪酸高于饱和脂肪酸的几种贝类多为冷水性贝类或是产卵温度较低的贝类, 而产卵温度较高的贝类其卵子中饱和脂肪酸含量一般较高。多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸重要的区别是其熔点较低, 可见产卵温度较低对应较低熔点的脂肪酸, 而产卵温度相对高的贝类卵子中脂肪酸熔点亦较高, 这可能与脂肪酸在维持细胞膜的流动性与渗透性中起重要作用相关联; 另外, 多不饱和脂肪酸含量高的贝类中 EPA 含量较高, 而无论是哪种贝类, 早期发育中 EPA 都大量消耗, 这说明产卵温度较低的贝类受精卵发育时可能消耗更多的 EPA, 考虑 EPA 在发育中的作用, 这些贝类受精卵发育时可能需要更高的能量, 这也与其发育时环境温度较低相对应。

在长牡蛎早期胚胎发育中饱和脂肪酸占总脂肪酸和单不饱和脂肪酸比例不断上升, 而多不饱和脂肪酸比例下降, 这种现象在前面提到的菲律宾蛤仔、虾夷扇贝、巨扇贝中也出现^[3, 12-13]。无论起始受精卵

表 1 长牡蛎受精后不同时间脂肪酸组成(% 总脂肪酸)变化

Tab. 1 Variations of fatty acids (% Total fatty acids) of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) at different times post-fertilization

脂肪酸种类	受精后时间(h)			
	0	6	12	24
14:0	7.92 ± 0.66 ^a	8.59 ± 0.06 ^a	9.62 ± 0.93 ^a	10.51 ± 0.82 ^a
15:0	0.82 ± 0.02 ^a	0.86 ± 0.00 ^a	0.99 ± 0.12 ^a	1.09 ± 0.11 ^a
16:0	33.09 ± 0.36 ^b	34.63 ± 0.59 ^b	38.93 ± 3.69 ^{ab}	46.11 ± 3.82 ^a
16:1 9	0.25 ± 0.03 ^a	0.25 ± 0.01 ^a	0.28 ± 0.03 ^a	0.28 ± 0.01 ^a
16:1 7	5.33 ± 0.06 ^a	5.36 ± 0.06 ^a	5.61 ± 0.19 ^a	5.74 ± 0.08 ^a
16:1 5	0.19 ± 0.01 ^a	0.18 ± 0.00 ^a	0.20 ± 0.01 ^a	0.20 ± 0.01 ^a
16:2 4	0.50 ± 0.03 ^a	0.47 ± 0.01 ^a	0.38 ± 0.07 ^a	0.3 ± 0.08 ^a
17:0	1.80 ± 0.02 ^a	1.82 ± 0.01 ^a	2.09 ± 0.23 ^a	2.38 ± 0.26 ^a
18:0	6.41 ± 0.17 ^b	6.69 ± 0.03 ^b	7.82 ± 0.81 ^{ab}	9.73 ± 1.01 ^a
18:1 9	1.25 ± 0.03 ^b	1.28 ± 0.01 ^{ab}	1.40 ± 0.09 ^{ab}	1.57 ± 0.11 ^a
18:2 6	2.53 ± 0.01 ^a	2.48 ± 0.02 ^a	2.54 ± 0.41 ^a	2.18 ± 0.14 ^a
18:3 3	2.89 ± 0.09 ^a	2.76 ± 0.03 ^{ab}	2.13 ± 0.5 ^{ab}	1.34 ± 0.5 ^b
18:4 3	3.68 ± 0.12 ^a	3.43 ± 0.02 ^{ab}	2.61 ± 0.63 ^{ab}	1.35 ± 0.67 ^b
20:0	0.14 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.00 ^a	0.17 ± 0.02 ^a	0.17 ± 0.00 ^a
20:1 11	1.84 ± 0.06 ^b	1.80 ± 0.02 ^b	1.99 ± 0.12 ^{ab}	2.29 ± 0.13 ^a
20:1 9	0.26 ± 0.01 ^b	0.26 ± 0.00 ^b	0.29 ± 0.01 ^{ab}	0.34 ± 0.03 ^b
20:1 7	2.44 ± 0.00 ^c	2.44 ± 0.04 ^c	2.65 ± 0.08 ^b	3.19 ± 0.06 ^a
20:2 6	0.14 ± 0.00 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.03 ^a	—
20:3 6	0.14 ± 0.00 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.02 ^a	0.04 ± 0.06 ^a
20:4 6	2.49 ± 0.12 ^a	2.33 ± 0.03 ^a	1.9 ± 0.44 ^a	1.45 ± 0.53 ^a
20:4 3	0.54 ± 0.01 ^a	0.51 ± 0.00 ^a	0.39 ± 0.10 ^a	0.15 ± 0.20 ^a
20:5 3	16.98 ± 0.6 ^a	15.69 ± 0.19 ^a	11.79 ± 3.3 ^{ab}	6.53 ± 3.00 ^b
22:0	0.13 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.00 ^a	0.13 ± 0.03 ^a	—
22:1 11	0.24 ± 0.03 ^a	0.25 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.00 ^a	0.21 ± 0.00 ^a
24:0	1.28 ± 0.03 ^a	1.18 ± 0.01 ^a	0.98 ± 0.18 ^a	—
22:5 6	0.37 ± 0.02 ^a	0.34 ± 0.00 ^a	0.25 ± 0.09 ^a	0.12 ± 0.16 ^a
22:6 3	6.36 ± 0.05 ^a	5.85 ± 0.12 ^a	4.42 ± 1.39 ^a	2.73 ± 1.36 ^a
MUFA	11.79 ± 0.11 ^b	11.83 ± 0.12 ^b	12.66 ± 0.52 ^{ab}	13.82 ± 0.4 ^a
SFA	51.59 ± 1.12 ^b	54.04 ± 0.50 ^{ab}	60.72 ± 5.64 ^{ab}	69.98 ± 6.01 ^a
PUFA	36.61 ± 1.02 ^a	34.13 ± 0.38 ^{ab}	26.63 ± 6.16 ^{ab}	16.19 ± 6.41 ^b
3	30.45 ± 0.85 ^a	28.24 ± 0.32 ^{ab}	21.34 ± 5.92 ^{ab}	12.1 ± 5.73 ^b
6	5.67 ± 0.13 ^a	5.42 ± 0.05 ^a	4.9 ± 0.18 ^{ab}	3.79 ± 0.61 ^b
DHA/EPA	0.37±0.01 ^a	0.37±0.00 ^a	0.37±0.01 ^a	0.41±0.02 ^a
3/ 6	5.37±0.03 ^a	5.21±0.01 ^a	4.25±1.06 ^a	3.08±1.02 ^a

注: \sum SFA、 \sum MUFA、 \sum PUFA 分别为饱和脂肪酸、单不饱和酸、多不饱和脂肪酸总和; $\sum\omega 3$ 、 $\sum\omega 6$ 为 $\omega 3$ 和 $\omega 6$ 系列脂肪酸总和; “—”表示未检测出; 同一行上标不同字母表示存在显著差异($P < 0.05$)

中饱和脂肪酸含量是否高于多不饱和脂肪酸, 三类脂肪酸总和在这几种贝类中增高或降低趋势是相同的, 只是增高或下降的程度有所不同。这可能与不同脂肪酸在胚胎发育中的功能有关, 多不饱和脂肪酸

比例下降主要是 EPA 含量下降, 而 EPA 在胚胎发育中作为能源消耗, 这可能是导致三类脂肪酸比例变化的一个重要原因。

长牡蛎从受精卵发育到 D 形幼虫, $\sum\omega 3$ 与 $\sum\omega 6$

表 2 长牡蛎受精后不同时间氨基酸组成(% 干质量)

Tab. 2 Amino acid composition of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) at different times post-fertilization.

氨基酸种类	受精后时间(h PF)			
	0	6	12	24
Thr 苏氨酸	2.41±0.01 ^a	2.18±0.18 ^a	1.89±0.04 ^a	1.15±0.19 ^b
Val 缬氨酸	2.43±0.06 ^a	2.16±0.04 ^{ab}	1.98±0.2 ^{ab}	1.61±0.25 ^b
Met 蛋氨酸	0.68±0.01 ^a	0.65±0.08 ^a	0.54±0.01 ^{ab}	0.42±0.01 ^b
Ile 异亮氨酸	2.18±0.01 ^a	2.12±0.15 ^a	1.76±0.03 ^a	1.12±0.15 ^b
Leu 亮氨酸	3.40±0.18 ^a	3.37±0.35 ^a	2.87±0.08 ^{ab}	1.81±0.34 ^b
Phe 苯丙氨酸	2.32±0.36 ^a	2.39±0.76 ^a	1.90±0.07 ^a	1.17±0.25 ^a
Lys 赖氨酸	3.44±0.45 ^a	3.36±0.45 ^{ab}	2.95±0.02 ^{ab}	1.90±0.35 ^b
∑EAA	16.84±1.07 ^a	16.21±1.55 ^a	13.88±0.23 ^{ab}	9.15±1.53 ^b
Asp 天冬氨酸	2.86±0.10 ^a	2.68±0.42 ^{ab}	1.91±0.08 ^{ab}	1.11±0.69 ^b
Ser 丝氨酸	3.00±0.10 ^a	2.30±0.04 ^b	2.46±0.06 ^b	1.42±0.16 ^c
Glu 谷氨酸	6.18±0.24 ^a	6.33±1.01 ^a	5.63±0.07 ^a	3.14±1.21 ^a
Gly 甘氨酸	2.26±0.06 ^a	2.13±0.00 ^a	2.23±0.03 ^a	1.43±0.11 ^b
Ala 丙氨酸	2.17±0.06 ^a	1.67±0.04 ^{ab}	1.71±0.04 ^{ab}	1.13±0.37 ^b
Tyr 酪氨酸	1.36±0.01 ^a	1.27±0.08 ^a	1.14±0.06 ^a	0.63±0.14 ^b
Pro 脯氨酸	0.86±0.01 ^a	0.86±0.08 ^a	0.85±0.02 ^a	0.51±0.08 ^b
Cys 胱氨酸	—	—	—	—
∑NEAA	18.69±0.06 ^a	17.23±1.51 ^a	15.91±0.00 ^a	9.35±2.76 ^a
His 组氨酸	1.66±0.57 ^a	1.27±0.17 ^a	1.75±0.25 ^a	0.88±0.06 ^a
Arg 精氨酸	3.93±0.36 ^a	3.44±0.01 ^a	3.20±0.23 ^a	2.64±0.50 ^a
∑SAA	5.58±0.93 ^a	4.71±0.18 ^a	4.94±0.01 ^a	3.51±0.44 ^a
∑TAA	41.1±2.06 ^a	38.14±3.24 ^a	34.73±0.22 ^a	22.01±4.72 ^b

注: EAA 为必需氨基酸; NEAA 为非必需氨基酸; SAA 为半必需氨基酸; TAA 为总氨基酸; “—”表示未检出; 同一行上标不同字母表示存在显著差异($P < 0.05$)。

比值呈减小的趋势, $\omega 3$ 系列中部分脂肪酸相对于 $\omega 6$ 系列脂肪酸更快的消耗。Pernet 等^[14]研究发现在深海扇贝 (*Placopecten magellanicus*) 随着幼虫发育其 $\sum \omega 6$ 与 $\sum \omega 3$ 比值会增大, 认为贝类幼虫会选择性地整合或保持 $\omega 6$ 系列脂肪酸, 而 $\omega 3$ 系列脂肪酸会被选择性地消耗利用。而在珍珠贝 (*Pinctada margaritifera*) 产出的卵子中 $\sum \omega 3$ 与 $\sum \omega 6$ 比值显著小于生殖腺中卵子各发育时期^[15], $\sum \omega 3$ 与 $\sum \omega 6$ 比值的这种变化可能从卵母细胞发育就开始, 具有一定的连续性。

长牡蛎早期胚胎发育中 DHA/EPA 比值不断变化, 总体上呈上升趋势。虽然 DHA 和 EPA 含量都在下降, 但是 EPA 消耗更迅速一些。在以前的研究中,

很多学者就发现 EPA 和 DHA 在双壳贝类发育中有非常重要的作用, 大多数双壳贝类自身不能合成 EPA 和 DHA。在早期发育中 EPA 更多的作为能源消耗, 而 DHA 主要作为一种结构物质, 起构建作用。在 Whyte 等^[3]对巨扇贝的研究中, 在 72 h 发育中 DHA 含量基本无变化, 这与本实验结果有一定差别, 但是两项实验结果中 EPA 含量都明显降低, 都表明 DHA 相对 EPA 含量升高。

3.2 氨基酸的含量变化

氨基酸总含量(%干质量)呈下降趋势, 到受精后 24 h 的 D 形幼虫时期显著降低, 但是仍然保持较高水平(占干质量的 22%左右)。在所检测的必需氨基酸

中, 赖氨酸 Lys 与亮氨酸 Leu 含量最高, 并且在受精后四个时间都保持较高的含量。生物体的代谢中, Leu 可分解成乙酰 COA 和乙酰乙酸, 而两者均是沟通糖类与脂类代谢的重要中间物质。在非必需氨基酸中谷氨酸 Glu 含量最高, 可能有两方面的原因, 一是海水贝类为排氮动物, 早期胚胎或幼虫代谢产生的氮需与 Glu 结合形成相应的谷氨酰胺, 经酶分解成游离的氮排出体外; 另外谷氨酸在酶的催化下, 可生成相应的 α -酮戊二酸, 而 α -酮戊二酸又是三羧酸循环中关键的中间代谢产物, 在胚胎发育时期谷氨酸对糖、脂、蛋白质的代谢及相互转化有重要意义。

致谢: 特别感谢福建省水产研究所曾志南、宁岳老师在长牡蛎亲贝材料方面的支持, 感谢实验室杜润山老师、刘磊同学在幼虫培育中对我的指导和帮助。

参考文献:

- [1] Farias A, Uriarte I, Castilla J. A biochemical study of the larval and postlarval stages of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* [J]. *Aquaculture*, 1998, 166(1-2): 37-47.
- [2] Whyte J, Bourne N, Hodgson C. Assessment of biochemical composition and energy reserves in larvae of the scallop *Patinopecten yessoensis* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1987, 113(2): 113-124.
- [3] Whyte J, Bourne N, Ginther N. Biochemical and energy changes during embryogenesis in the rock scallop *Crassadoma gigantea*[J]. *Marine Biology*, 1990, 106(2): 239-244.
- [4] Caers M, Coutteau P, Cure K, et al. The Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819): II. Manipulation of the fatty acid composition and lipid content of the eggs via lipid supplementation of the broodstock diet [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-B: Biochemistry and Molecular Biology*, 1999, 123(1): 97-104.
- [5] Nevejan N, Saez I, Gajardo G, et al. Energy vs. essential fatty acids: what do scallop larvae (*Argopecten purpuratus*) need most ? [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2003, 134(4): 599-613.
- [6] 罗文, 赵云龙, 曾错, 等. 红螯螯虾胚胎发育过程中的生化成分变化[J]. *水产学报*, 2007, 31(3): 303-310.
- [7] 陈石林, 吴旭干, 成永旭, 等. 三疣梭子蟹胚胎发育过程中主要生化组成的变化及其能量来源[J]. *中国水产科学*, 2007, 14(2): 229-235.
- [8] 卢素芳, 赵娜, 刘华斌, 等. 黄颡鱼早期发育阶段受精卵和鱼体脂肪酸组成变化[J]. *水产学报* 32(5): 711-716.
- [9] 王桂忠, 汤鸿, 李少菁, 等. 锯缘青蟹胚胎发育过程主要生化组成[J]. *台湾海峡*, 1995, 14(3): 280-283.
- [10] 马爱军, 雷霖霖, 孙颀, 等. 真鲷胚胎及胚后发育各阶段氨基酸组成的研究[J]. *中国水产科学*, 2000, 7(1): 113-115.
- [11] Utting S, Doyou J. The increased utilization of egg lipid reserves following induction of triploidy in the Manila clam (*Tapes philippinarum*) [J]. *Aquaculture*, 1992, 103(1): 17-28.
- [12] Whyte J, Bourne N, Ginther N. Depletion of nutrient reserves during embryogenesis in the scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1991, 149(1): 67-79.
- [13] 黄晓春, 刘慧慧, 苏秀榕, 等. 7 种经济贝类生殖腺脂肪酸含量的研究[J]. *水产科学*, 2005, 24(8): 20-22.
- [14] Pernet F, Bricelj V, Parrish C. Effect of varying dietary levels of ω 6 polyunsaturated fatty acids during the early ontogeny of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2005, 327(2): 115-133.
- [15] Vahirua-Lechat I, Laure F, LeCoz J, et al. Changes in fatty acid and sterol composition during oogenesis in the pearl oyster *Pinctada margaritifera* [J]. *Aquaculture Research* 2008, 39(16): 1739-1746.

Changes in fatty acid and amino acid composition during early development of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*)

LIU Peng-chao^{1,2}, QUE Hua-yong¹, ZHANG Guo-fan¹

(1. Institution of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: May, 18, 2010

Key words: *Crassostrea gigas*; embryonic development; fatty acid; amino acid

Abstract: The compositions and contents of fatty acids and amino acids during the early embryonic development of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) were analyzed by biochemical methods. Embryos or larvae sampled at 0, 6, 12, and 24 h post-fertilization (PF) were taken and measured. There were 27 fatty acids detected in the zygotes (0 h post-fertilization) and the proportions of myristic acid (14:0), palmitic acid (16:0), stearic acid (18:0), EPA (20:5 3) and DHA(22:6 3) were relatively high during 0~24 h PF; the proportions of the saturated fatty acids and also the monounsaturated fatty acids to the total fatty acids increased with the embryonic development while the poly-unsaturated fatty acids decreased gradually. Sixteen amino acids were detected, including seven essential amino acids, seven non-essential amino acids, two semi-essential amino acids; the total amino acids decreased with development.

(本文编辑: 张培新)