

不同藻类对成熟前文蛤的生长及其生化成分的影响

李树国 丰浪 成永旭* 沈竑 陆瑜

(上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 内蒙古民族大学动物科技学院 通辽 028000;
上海崇明滩涂资源研究所 上海 202150; 上海中江特种水产开发有限公司 上海 202150)

摘要: 为了找到适于文蛤 (*Meretrix meretrix*) 暂养、育肥的藻类,通过实验观察了不同藻类对成熟前文蛤生长的影响。实验共分为 5 组,分别单独投喂 4 种单胞藻,包括海水小球藻 (*Chlorella vulgaris*) (A 组)、球等边金藻 (*Isochrysis galbana*) (B 组)、青岛大扁藻 (*Platymonas halgolandica*) (C 组) 和牟氏角毛藻 (*Chaetoceros m. valleri*) (D 组),及混合投喂海水小球藻、球等边金藻与牟氏角毛藻 (E 组)。结果表明,单胞藻无论是单独投喂还是混合投喂,对成熟前文蛤的壳长和体重增长没有显著影响 ($P > 0.05$),其常规生化成分如蛋白质、脂肪、总糖及各种脂肪酸含量在某些实验组之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。E 组蛋白质含量 (63.57%) 最低,与其他组之间存在显著性差异;E 组脂肪含量 (8.17%) 除低于 D 组 (8.64%) 外,高于其他 3 组,但与其他组间无显著性差异;E 组总糖含量 (7.08%) 除低于 C 组 (7.62%) 外,高于其他 3 组,与其他组之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。亚油酸 (C18:2)、亚麻酸 (C18:3) 和花生四烯酸 (C20:4) 均为 C 组最高,含量分别为 2.06%、2.28% 和 6.50%,与其他组之间存在显著性差异。EPA 以 D 组为最高 (8.51%),DHA 以 B 组为最高 (10.33%)。

关键词: 单胞藻;成熟前文蛤;生长;生化成分

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)05-105-07

Influence of Different Algal Species on Growth and Chemical Composition of Pre-mature Clam *Meretrix meretrix*

LI Shu-Guo FENG Lang CHENG Yong-Xu* SHEN Hong LU Yu

(College of Fisheries and Aquaculture Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306;
College of Animal Science and Technology, Inner Mongolia University for the Nationalities, Inner Mongolia, Tongliao 028000;
Shanghai Chongming Beach Resources Institute, Shanghai 202150;
Shanghai Zhongjiang Special Aquatic Products Development Limited Company, Shanghai 202150, China)

Abstract: The objective of this study is that the influence of different algal species on growth of pre-mature clam *Meretrix meretrix*, in order to find appropriate algae for temporary-keeping and fattening of *M. meretrix*. The test is divided into five groups, single feeding *Chlorella vulgaris* (Group A), *Isochrysis zhanjiangensis* (Group B), *Chaetoceros calcitrons* (Group C) and *Platymonas halgolandica* (Group D), respectively, and mixed feeding is E group. The results showed that the pre-mature clam *M. meretrix* feeding on whether unicellular alga or mixed alga,

基金项目 上海市科学技术委员会科研计划项目 (No. 06DZ19133);

* 通讯作者, E-mail: yxcheng@shou.edu.com;

第一作者介绍 李树国,男,博士研究生,副教授;研究方向:水产动物育苗研究及教学;E-mail: MDLSG@163.com.

收稿日期: 2009-03-19, **修回日期:** 2009-06-29

there are no prominent influence on shell length and body weight growth ($P > 0.05$), but there are significantly different in proximate composition such as protein, lipid, sugar and fatty acids in some test groups ($P < 0.05$). E group have been made the lowest content of protein (63.57%), there are significant difference compared to other groups; the content of lipid (8.17%) is higher than other group except D group, there are no significant difference compared to other group except D group (8.64%); the content of total sugar (7.08%) is higher than other groups except C group (7.62%), there are significantly different compared to other groups. The contents of linoleic acid (C18:2), linolenic acid (C18:3) and arachidonic acid (C20:4) in C group are 2.06%, 2.28% and 6.50%, respectively. They obtain the highest level and there are significant difference compared to other groups. The contents of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexenoic acid (DHA) are the highest in D group (8.51%) and B group (10.33%), respectively.

Key words: Unicellular algae; Pre-mature clam *Meretrix meretrix*; Growth; Chemical composition

文蛤 (*Meretrix meretrix*) 为我国沿海主要经济贝类。文蛤的生产,以前只是采捕天然生长的文蛤,产量不高。近年由于国际贸易的发展,文蛤的需求量急剧上升,促进了各地文蛤养殖业的发展。我国文蛤苗源丰富,又有广阔的适于养殖文蛤的沙质海滩,发展文蛤养殖的前景广阔。文蛤是广温、广盐性贝类,适合其养殖的水域很多。滩涂养殖的文蛤比较瘦弱,肥满度不高,而且含菌量大,其主要原因是滩涂藻类没有池塘藻类丰富,池塘藻类可以通过人工施肥获得较大的密度。因此,在出售前对文蛤在池塘中进行暂养、育肥、净化就显得十分重要^[1]。在池塘中培养,关键是要找到一种易培养,又有利于文蛤生长的藻类。于业绍等^[2,3]用单胞藻对贝类的稚贝生长影响进行过实验。本实验旨在探讨不同藻类对成熟前文蛤生长的影响,找到一种适合的藻类,然后专池定向培养用以养殖文蛤,以便求得文蛤最大增长率和肥满度,并且从中得到净化,即降低重金属和有害菌的含量,达到食品卫生标准的要求。

1 材料与方法

选择成熟前文蛤作为实验对象进行生化分析。成熟前文蛤采自启东滩涂,壳长 2.3 cm 左右,重 3 g 左右。

根据育苗实践^[4]培养了 4 种单胞藻,分别是海水小球藻 (*Chlorella vulgaris*)、球等边金藻 (*Isochrysis galbana*)、青岛大扁藻 (*Platymonas halgolandica*) 和牟氏角毛藻 (*Chaetoceros*

mülleri)。实验分为 5 组,设 3 个平行。投喂组为:A 组:海水小球藻单独投喂;B 组:球等边金藻单独投喂;C 组:青岛大扁藻单独投喂;D 组:牟氏角毛藻单独投喂;E 组:海水小球藻、球等边金藻和牟氏角毛藻混合投喂。

实验在 40 cm × 25 cm × 15 cm 塑料盒中进行,每个塑料盒中放入底质(沙),底质取自崇明长湖北滩文蛤实际放养区。每个盒中放入文蛤 10 枚。每天换水 2 次,分别在 8:00 和 17:00 时,换水后投喂藻类,投喂量按如下标准:青岛大扁藻 10×10^4 cell/ml,其他藻类 20×10^4 cell/ml。混合投喂藻类按比例相应减少。实验期间水质的理化状况如下:盐度 25‰ 左右,水温 29 (空调控制),溶解氧大于 5 mg/L, pH 为 8.2,氨氮小于 0.1 mg/L,亚硝酸盐氮小于 0.01 mg/L。

实验文蛤养殖一周作为适应期,此时对各组文蛤进行壳长、壳高和体重测量,养殖 30 d,实验结束时对上述指标再次测量。测量后取内脏团(去掉胃)用吸水纸吸掉水分后称重,然后放入干燥箱中在 60 条件下烘至衡重(约 24 h),取出放入干燥器中冷却后称重,然后在研钵中研成粉面状,装入自封袋中备用。

生化成分的测定方法:粗蛋白为凯氏定氮法,采用福斯特卡托(FOSS TECATOR)公司基尔特克(KJELTEC)2300 型凯氏全自动定氮仪;粗脂肪测定采用 Folch 国际标准脂肪提取法,即氯仿-甲醇提取法;总糖的测定采用苯酚-硫酸法;粗灰分测定为箱式电阻炉 550 灼烧法;水

分的测定为 60 烘干恒重法;脂肪酸分析采用美国 Agilent 公司生产的高效气相色谱仪 6890A(G1530A),参数设置:进样器和检测器温度均为 260 ;起始温度为 60 ,然后以 50 /min 的速度升至 170 ,再以 2 /min 的速度升至 180 ,保留 2 min,再以 2 /min 的速度升至 230 ,保留 1 min,再以 1 /min 的速度升至 240 ,保留 1 min,共计 46.2 min;氦气流速为 30 ml/min,空气流速为 300 ml/min,补偿气体氮气流速为 25 ml/min,分流比为 20 :1,压力为 60 kPa。

用 SPSS 13.0 软件对实验数据进行统计分析,用 Levene's 法进行方差齐性检验,当不满足齐性方差时,对百分比数据进行反正弦转换,但数据仍用原始值表示。采用 Duncan's 法进行

多重比较,取 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 不同藻类对成熟前文蛤生长及体重的影响

不同藻类对成熟前文蛤生长及体重的影响见表 1。结果显示,不同藻类对壳长、壳高和体重的增长没有显著影响,这一点与用不同的单胞藻投喂贝类稚贝,对其生长具有显著性差异不同^[3-5]。其原因可能是稚贝消化器官尚不完善,对于不同的藻类有不同的消化率。金藻无细胞壁,易消化,投喂金藻组的生长要超过其他组。幼贝消化系统已经完善,对各种藻类都可以很好地消化吸收,所以有着基本一致的生长率。不同组之间壳长增长 14.36%~16.92%,体重增长 33.13%~41.34%。

表 1 不同藻类及混合藻类对成熟前文蛤生长及体重的影响

Table 1 Influence of unicellular and mixed algae species on growth and body weight of pre-mature calm Meretrix meretrix (Mean \pm SD)

组别 Group	初始壳长 ×壳高 (mm) Initial shell length ×shell height		终了壳长 ×壳高 (mm) Terminal shell length ×shell height		增长的壳长 ×壳高 (mm) Added shell length ×shell height		初始体重(g) Initial body weight	终了体重(g) Terminal body weight	净增重(g) Added body weight
	A 海水小球藻 <i>Chlorella vulgaris</i>	(23.60 \pm 0.18) × (20.50 \pm 0.50)	(26.98 \pm 0.08) × (23.37 \pm 0.08)	(3.39 \pm 0.10) × (2.87 \pm 0.58)		3.21 \pm 0.02	4.37 \pm 0.03	1.16 \pm 0.01	
B 球等边金藻 <i>Isochrysis galbana</i>	(23.94 \pm 0.06) × (20.21 \pm 0.22)	(27.99 \pm 0.11) × (24.35 \pm 0.11)	(4.05 \pm 0.17) × (4.15 \pm 0.32)		3.36 \pm 0.07	4.72 \pm 0.04	1.36 \pm 0.11		
C 青岛大扁藻 <i>Laymonas haloglandica</i>	(23.56 \pm 0.83) × (19.93 \pm 0.84)	(27.01 \pm 1.01) × (23.40 \pm 0.98)	(3.46 \pm 0.18) × (3.47 \pm 0.14)		3.17 \pm 0.36	4.39 \pm 0.34	1.21 \pm 0.02		
D 牟氏角毛藻 <i>Chaetoceros m uelleri</i>	(23.82 \pm 0.51) × (20.00 \pm 0.35)	(27.78 \pm 0.40) × (24.15 \pm 0.39)	(3.96 \pm 0.11) × (4.15 \pm 0.05)		3.29 \pm 0.13	4.65 \pm 0.14	1.36 \pm 0.01		
E 混合投喂 Mixed feeding	(23.36 \pm 0.01) × (19.76 \pm 0.11)	(26.88 \pm 0.05) × (23.27 \pm 0.05)	(3.52 \pm 0.04) × (3.51 \pm 0.06)		3.26 \pm 0.17	4.34 \pm 0.02	1.08 \pm 0.19		

2.2 不同藻类对成熟前文蛤常规生化成分的影响

不同藻类对成熟前文蛤常规生化成分的影响见表 2。从表 2 可以看出,用不同藻类单独投喂和混合投喂对成熟前文蛤的蛋白质及糖含量均具有显著性影响,但脂肪含量仅 D 组与其他组间存在显著性差异。成熟前文蛤内脏团蛋白质含量 A 组最高,为 68.59%;E 组最低,含量为 63.57%;而 B、C、D 组含量接近,分别为 65.15%、66.57%和 65.58%。脂肪含量 D 组最高,为 8.64%;C 组最低,含量为 7.43%。糖含

量以 C 组最高,含量为 7.62%;A 组最低,含量为 4.85%,与其他组相比,差异较大。糖含量范围变化较大,未发现与投喂的藻类有关。例如,C、E 组幼贝糖含量均超过 7%,C 组是扁藻组,而 E 组却不含扁藻。

2.3 不同藻类对成熟前文蛤脂肪酸的影响

不同藻类对脂肪酸的影响见表 3。从表 3 可以看出,各种藻类的投喂对成熟前文蛤脂肪酸组成均有显著影响,这是由于不同的藻类具有不同的营养成分,投喂文蛤后在其体内积累,影响

表 2 不同藻类对成熟前文蛤常规生化成分的影响

Table 2 Influence of different alga on general composition of pre-mature calm

Meretrix meretrix (% of dry weight, Mean \pm SD, $n = 3$)

组别 Group	水分 Moisture	蛋白质 Protein	脂肪 Lipid	总糖 Sugar
A 海水小球藻 <i>Chlorella vulgaris</i>	82.23 \pm 0.58	68.59 \pm 0.20 ^a	7.44 \pm 0.27 ^a	4.85 \pm 0.12 ^a
B 球等边金藻 <i>Isochrysis galbana</i>	84.01 \pm 0.47	65.15 \pm 0.16 ^b	7.98 \pm 0.05 ^a	6.57 \pm 0.22 ^b
C 青岛大扁藻 <i>Latymonas halgolandica</i>	83.64 \pm 0.23	66.57 \pm 0.35 ^c	7.43 \pm 0.13 ^a	7.62 \pm 0.35 ^c
D 牟氏角毛藻 <i>Chaetoceros m. ðlleri</i>	82.10 \pm 0.87	65.58 \pm 0.21 ^d	8.64 \pm 0.17 ^b	5.86 \pm 0.10 ^d
E 混合投喂 Mixed feeding	81.63 \pm 0.59	63.57 \pm 0.21 ^e	8.17 \pm 0.25 ^a	7.08 \pm 0.06 ^e

同列数据上标字母不同者表示差异显著 ($P < 0.05$), 字母相同者表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

Within the same column values with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$). Values with same superscript letters are not significantly different ($P > 0.05$)

到文蛤的脂肪酸组成。脂肪酸 C16:0 在各组文蛤中含量最大, 变幅在 18.53% ~ 20.36% 之间, 其次是 DHA (C22:6n3), 变幅在 6.81% ~ 10.33% 之间, EPA (C20:5n3) 的含量在各组中也较高, 变幅在 4.04% ~ 8.51%。各组文蛤均含有人体所需的必需脂肪酸亚油酸 (C18:2)、亚麻酸 (C18:3) 和花生四烯酸 (C20:4), 其中花生四烯酸含量丰富。亚油酸、亚麻酸和花生四烯酸以 C 组最高, 含量分别为 2.06%、2.28% 和 6.50%, 与其他组之间存在显著差异。EPA 以 D 组为最高 (8.51%), DHA 以 B 组为最高 (10.33%)。饱和脂肪酸 (SFA) D 组最高, 含量为 31.17%, 与其他各组之间存在显著性差异。单不饱和脂肪酸 (MUFA) D、E 组最高, 分别为 24.68% 和 24.70%, 两者间无显著性差异, 但是与其他组间具有显著性差异。多不饱和脂肪酸 (PUFA) C 组最高, 为 37.04%, 与其他各组存在显著性差异。总脂肪酸 D 组最高, 为 91.29%, 与其他组存在显著性差异。PUFA/SFA 比值 C 组最高 (1.25), 说明 PUFA 含量丰富。n3 系列脂肪酸 D 组最高 (18.21%), n6 系列脂肪酸, C 组最高 (18.42%)。n3/n6 比值 D 组最高 (1.29), 说明 D 组 n3 系列脂肪酸含量丰富。

3 讨论

浮游植物是双壳贝类终生饵料, 也是甲壳

动物和一些鱼类^[6] 幼体时期的饵料。有关微藻对双壳贝幼体及稚贝阶段的营养价值的研究较多^[7], 而微藻对双壳贝成体影响的研究较少。本文选择成熟前文蛤作为研究对象, 旨在揭示微藻对其生长和生化成分的影响。

研究结果发现, 单胞藻无论是单一投喂还是混合投喂, 对成熟前文蛤的生长没有显著性影响, 但是对常规生化成分和脂肪酸含量有显著性影响。从对成熟前文蛤壳长、壳高增长的影响来看, 投喂海水小球藻和青岛大扁藻组的成熟前文蛤其生长比较接近, 而球等边金藻和牟氏角毛藻组接近。海水小球藻和青岛大扁藻同属于绿藻, 藻体的生化、生理过程相似, 对成熟前文蛤的生长影响不大。而球等边金藻和牟氏角毛藻属于不同的门类, 对文蛤的饵料效果不同, 生长超过了绿藻组。混合投喂组出现了平均生长趋势, 这一点与其他一些实验结果一致。于业绍等^[8] 用海水小球藻、青岛大扁藻、三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*) 和底栖硅藻对青蛤 (*Cyclina sinensis*) 稚贝生长的影响进行了实验, 结果表明, 混合投喂组的生长与海水小球藻组及三角褐指藻组的生长没有显著区别 ($P > 0.05$), 仅底栖硅藻组的生长与其他组有显著性差异。形态学证实, 金藻没有细胞壁, 使贝类幼虫获得了最大的生长率, 但是对成熟前文蛤影响不大。主要是稚贝消化器官尚不完

表 3 不同藻类对成熟前文蛤脂肪酸含量的影响

Table 3 Influence of different algae on contents of fatty acids of pre-mature clam

Meretrix meretri (% of total fatty acid , Mean \pm SD , $n = 3$)

脂肪酸 Fatty acid	A 组 A group	B 组 B group	C 组 C group	D 组 D group	E 组 E group
C14:0	1.45 \pm 0.05 ^a	2.56 \pm 0.04 ^b	1.24 \pm 0.01 ^c	3.44 \pm 0.03 ^d	2.71 \pm 0.03 ^e
C14:1n7	1.25 \pm 0.01 ^a	1.05 \pm 0.01 ^b	1.07 \pm 0.04 ^b	1.43 \pm 0.02 ^c	1.69 \pm 0.02 ^d
C15:0	1.27 \pm 0.01 ^a	1.18 \pm 0.04 ^a	1.04 \pm 0.03 ^b	0.42 \pm 0.01 ^c	1.18 \pm 0.03 ^a
C16:0	18.66 \pm 0.05 ^a	19.6 \pm 0.04 ^b	20.36 \pm 0.09 ^c	19.83 \pm 0.08 ^{bc}	19.63 \pm 0.06 ^b
C16:1n7	4.24 \pm 0.01 ^a	4.32 \pm 0.04 ^a	3.77 \pm 0.04 ^b	7.08 \pm 0.04 ^c	6.19 \pm 0.03 ^d
C16:1n5	3.61 \pm 0.04 ^a	3.04 \pm 0.04 ^b	2.82 \pm 0.01 ^c	2.06 \pm 0.03 ^d	3.49 \pm 0.04 ^a
C16:3n4	2.27 \pm 0.05 ^a	2.13 \pm 0.03 ^b	2.21 \pm 0.03 ^a	2.33 \pm 0.02 ^a	2.12 \pm 0.01 ^b
C18:0	6.08 \pm 0.05 ^a	4.56 \pm 0.04 ^b	5.19 \pm 0.06 ^c	5.65 \pm 0.06 ^d	4.43 \pm 0.05 ^b
C18:1n9	3.80 \pm 0.03 ^a	4.55 \pm 0.02 ^b	5.06 \pm 0.05 ^c	3.79 \pm 0.04 ^a	4.41 \pm 0.01 ^b
C18:1n7	1.28 \pm 0.03 ^a	1.95 \pm 0.03 ^b	1.85 \pm 0.03 ^b	1.59 \pm 0.03 ^c	1.84 \pm 0.02 ^b
C18:2n6	1.12 \pm 0.02 ^a	1.20 \pm 0.02 ^a	2.06 \pm 0.02 ^b	0.66 \pm 0.02 ^c	1.23 \pm 0.06 ^a
C18:3n4	1.40 \pm 0.03 ^a	2.24 \pm 0.07 ^b	2.28 \pm 0.05 ^b	0.83 \pm 0.05 ^c	1.60 \pm 0.03 ^d
C18:4n3	0.25 \pm 0.01 ^a	2.21 \pm 0.01 ^b	0.36 \pm 0.04 ^a	0.30 \pm 0.01 ^a	1.04 \pm 0.08 ^c
C20:1n9	2.39 \pm 0.02 ^a	4.81 \pm 0.02 ^b	5.47 \pm 0.06 ^c	5.98 \pm 0.04 ^d	4.41 \pm 0.05 ^e
C20:1n7	4.15 \pm 0.02 ^a	2.60 \pm 0.02 ^b	3.34 \pm 0.04 ^c	2.75 \pm 0.05 ^b	2.67 \pm 0.05 ^b
C20:2n6	2.95 \pm 0.02 ^a	2.66 \pm 0.04 ^b	3.30 \pm 0.02 ^c	1.99 \pm 0.04 ^d	2.60 \pm 0.02 ^b
C20:3n6	0.51 \pm 0.02 ^a	0.47 \pm 0.03 ^a	0.45 \pm 0.03 ^a	0.24 \pm 0.01 ^b	0.42 \pm 0.01 ^a
C20:3n3	0.43 \pm 0.02 ^a	0.25 \pm 0.02 ^b	0.33 \pm 0.02 ^c	0.10 \pm 0.01 ^d	0.22 \pm 0.01 ^b
C20:4n6	5.59 \pm 0.01 ^a	5.06 \pm 0.05 ^b	6.50 \pm 0.03 ^c	5.86 \pm 0.06 ^d	5.11 \pm 0.02 ^b
C20:5n3	5.37 \pm 0.01 ^a	4.04 \pm 0.04 ^b	5.09 \pm 0.04 ^c	8.51 \pm 0.02 ^d	5.79 \pm 0.03 ^e
C22:2n6	6.11 \pm 0.03 ^a	4.63 \pm 0.03 ^b	6.11 \pm 0.04 ^c	5.32 \pm 0.01 ^d	4.89 \pm 0.04 ^e
C23:0	1.83 \pm 0.03 ^a	1.51 \pm 0.03 ^b	1.80 \pm 0.01 ^a	1.83 \pm 0.02 ^a	1.42 \pm 0.01 ^b
C22:5n3	1.71 \pm 0.03 ^a	1.36 \pm 0.05 ^b	1.54 \pm 0.02 ^c	1.71 \pm 0.03 ^a	1.35 \pm 0.04 ^b
C22:6n3	8.04 \pm 0.02 ^a	10.33 \pm 0.42 ^b	6.81 \pm 0.03 ^c	7.59 \pm 0.04 ^a	8.11 \pm 0.03 ^a
SFA	29.29 \pm 0.04 ^a	29.41 \pm 0.03 ^a	29.63 \pm 0.05 ^a	31.17 \pm 0.02 ^b	29.37 \pm 0.04 ^a
MUFA	20.72 \pm 0.03 ^a	22.32 \pm 0.02 ^b	23.38 \pm 0.04 ^c	24.68 \pm 0.02 ^d	24.70 \pm 0.04 ^d
PUFA	35.75 \pm 0.02 ^a	36.58 \pm 0.03 ^a	37.04 \pm 0.05 ^c	35.44 \pm 0.04 ^a	34.48 \pm 0.04 ^d
FA	85.76 \pm 0.03 ^a	88.31 \pm 0.05 ^b	90.05 \pm 0.06 ^c	91.29 \pm 0.04 ^d	88.55 \pm 0.05 ^b
PUFA/SFA	1.22	1.24	1.25	1.14	1.17
DHA/EPA	1.50	2.56	1.34	0.89	1.40
n3	15.80 \pm 0.03 ^a	18.19 \pm 0.04 ^b	14.13 \pm 0.02 ^c	18.21 \pm 0.04 ^b	16.51 \pm 0.05 ^d
n6	16.28 \pm 0.04 ^a	14.02 \pm 0.04 ^b	18.42 \pm 0.02 ^c	14.07 \pm 0.04 ^b	14.25 \pm 0.03 ^b
n3/n6	0.97	1.30	0.77	1.29	1.16

同一行数据上标字母不同者表示差异显著 ($P < 0.05$), 字母相同者表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

Within the same row values with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$). Values with same superscript letters are not significantly different ($P > 0.05$).

善,对于不同的藻类有不同的消化率。金藻无细胞壁,易消化,投喂金藻组的生长要超过其他组。而成熟前文蛤的消化系统已经完善,对各种藻类都可很好地消化吸收,有着基本一致的生长率。

不同藻类对成熟前文蛤的常规生化成分及脂肪酸均有显著影响。这些影响产生的原因主要是藻类不同,其营养成分不同,这些营养成分

会在文蛤体内积累,从而使文蛤的生化成分发生变化。从营养成分分析结果来看,蛋白质含量在 63.57% ~ 68.59% 之间,脂肪含量在 7.43% ~ 8.6% 之间,总糖含量在 4.85% ~ 7.13% 之间。藻类蛋白质对双壳贝生长的影响,本文没有进行分析研究。不过,Knauer 等^[9]研究表明,组成蛋白质的氨基酸在不同藻类仅有很小的变化,由此可以认为,蛋白质的氨基酸

组成也许不是一个影响双壳贝生长的主要因素。藻类蛋白对双壳贝生长的潜在影响有待于进一步研究^[10]。

硅藻富含 EPA 而缺乏 DHA 和 C18 系列 (C18:2, C18:3 和 C18:4) 不饱和脂肪酸, EPA 是硅藻的特征脂肪酸^[11]。Susana 等^[12] 用 5 种单胞藻和这 5 种单胞藻的两两组合共 15 组对一种牡蛎 (*Crassostrea corteziensis*) 的幼贝进行投喂实验, 结果显示角毛藻 (*Chaetoceros calcitrans*) 单独投喂组使牡蛎的幼贝获得了最大增长。也有与此相反的结论, Milke 等^[13] 实验证实, 用两种藻类 (*Pavlova lutheri* 和 *C. muelleri*) 混合以及单一投喂扇贝 (*Placopecten magellanicus*) 的后期幼体, 结果显示两种藻类单独投喂比混合投喂生长分别下降 32% (前者) 和 64% (后者)。Langdon 等^[14] 推测, EPA 或者 DHA 对牡蛎的生长是必要的, 但两者不一定同时存在。通常认为, 混合藻类比单一藻类可以为贝类提供平衡的营养物质, 因而会获得较好的增长效果, 也许对于贝类幼体和稚贝阶段会是这样, 但是对成熟前文蛤的实验结果表明, 混合投喂并没有表现出明显的增长优势。

成熟前文蛤 EPA 含量在 4.04% ~ 8.51% 之间, 最高的是牟氏角毛藻投喂组 (8.51%), 其次是混合投喂组。4 种单胞藻中, 牟氏角毛藻 EPA 含量最高^[15]。含牟氏角毛藻的混合组 (E 组) 和角毛藻组 (D 组) 文蛤的 EPA 含量亦高。DHA 含量在 6.81% ~ 10.33% 之间, 以投喂球等边金藻组最高 (10.33%), 这与其 DHA 含量高直接相关。DHA 含量极微的海水小球藻、青岛大扁藻和牟氏角毛藻^[15], 用其投喂组的文蛤 DHA 含量较低, 最低 6.81%, 这说明 DHA 也许不是成熟前文蛤的必需脂肪酸, DHA 可由其他脂肪酸转化而来。海水小球藻 EPA 和 DHA 的含量几乎检测不到, 却具有高含量的 C18:3n3 (30.96%)^[15], 投喂海水小球藻组的文蛤也获得了较好的增长, 肌肉中亦含有较高水平的 EPA (5.37%) 和 DHA (8.04%), 这说明 EPA 和 DHA 可由 C18:3n3 通过链的延长及去饱和转换而来^[16~18]。铃木平光^[19] 认为, 十八碳的亚油酸和

亚麻酸在小到浮游动物, 大到鱼类、老鼠、人类的体内, 均可转化成二十碳五烯酸 (20:5n3) 和二十二碳六烯酸 (22:6n3)。所以, 从这个意义上来说, 养殖文蛤的藻类完全可以选择易培养耐高温的种类, 没有必要去刻意追求营养状况。从人工培养实践来看, 海水小球藻较易培养, 在贝类暂养育肥净化培育过程中, 可以专池培养, 然后投喂暂养的贝类。

4 结 论

单胞藻无论是单独投喂还是混合投喂, 对成熟前文蛤的生长没有显著性影响, 但是对生化成分和脂肪酸含量有显著性影响, 这一点与贝类浮游阶段及稚贝不同。

在文蛤暂养、育肥过程中, 可以选择耐高温、易培养的藻类。因为成熟前文蛤对于大多数藻类都有很好的消化能力。

参 考 文 献

- [1] 乔庆林. 贝类养殖区分类与净化技术研究. 现代渔业信息, 2007, 22(10): 11~14.
- [2] 于业绍, 周琳, 陆平. 单细胞藻类饲养青蛤稚贝的研究. 海洋渔业, 1998, (1): 23~24.
- [3] 王笑月, 陈冲, 陈远. 几种饵料对文蛤稚贝生长与成活的影响. 水产科学, 1998, 17(2): 11~13.
- [4] 王如才, 王昭萍, 张建中. 海水贝类养殖学. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993, 48~123.
- [5] 吴洪喜, 徐爱光, 蔡志飞. 文蛤工厂化人工育苗试验. 海洋湖沼通报, 1998, (3): 58~63.
- [6] Preston N P, Buford M A, Coman F E, et al. Natural diet of larval *Penaeus merguensis* (Decapoda: Penaeidae) and its effect on survival. *Marine Biology*, 1992, 113: 181~191.
- [7] Reitan K I, Bolla S, Olsen Y. A study of the mechanism of algal uptake in yolk-sac larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Journal Fish Biology*, 1994, 44: 303~310.
- [8] 于业绍, 周琳, 杨世俊. 青蛤工厂化育苗. 上海水产大学学报, 1998, 7(2): 121~129.
- [9] Knauer J, Southgate P C. A review of the nutritional requirements of bivalves and the development of alternative and artificial diets for bivalve aquaculture. *Review Fish Science*, 1999, 7: 241~280.
- [10] Thompson P A, Harrison P J. Effects of monospecific algal diets of varying biochemical composition on the growth and

- survival of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) larvae. *Marine Biology*, 1992, **113**: 645 ~ 654.
- [11] Antonio J P, Carlos R, Oscar GM, *et al.* Seasonal Variations of the Lipid Content and Fatty Acid Composition of *Crassostrea gigas* Cultured in El Grove Galicia, N. W. Spain. *Comparative Biochemistry Physiology B*, 1996, **114**: 171 ~ 179.
- [12] Rivero-Rodríguez S, Beaumont A R, Maria Concepcion Lora-Vilchis. The effect of microalgal diets on growth, biochemical composition, and fatty acid profile of *Crassostrea corteziensis* (Hertlein) juveniles. *Aquaculture*, 2007, **263**: 199 ~ 210.
- [13] Milke L M, Bricelj V M, Parrish C C. Growth of postlarval sea scallops, *Placopecten magellanicus*, on microalgal diets, with emphasis on the nutritional role of lipids and fatty acids. *Aquaculture*, 2004, **234**: 293 ~ 317.
- [14] Langdon C J, Waldock M J. The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. *Journal Marine Biology*, 1981, **61**: 431 ~ 448.
- [15] 徐继林, 严小军, 周成旭. 19 种(株)海洋微藻脂肪酸组成及充气产生的影响. 宁波大学学报(理工版), 2006, **19**(2): 180 ~ 185.
- [16] De Moreno J E A, Moreno V J, Brenner K R. Lipid metabolism of the yellow clam *Mesodesma mactroides*: 2. polyunsaturated fatty acid metabolism. *Lipids*, 1976, **11**: 561 ~ 566.
- [17] Waldock M J, Holland D L. Fatty acid metabolism in young oysters: *Crassostrea gigas*: polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 1984, **19**: 332 ~ 336.
- [18] Chu F L E, Greaves J. Metabolism of palmitic, linoleic, and linolenic acids in adult oysters, *Crassostrea virginica*. *Marine Biology*, 1991, **110**: 229 ~ 236.
- [19] 铃木平光(叶桂蓉译). 亚麻酸在体内可转换成 DHA——吃鱼健脑. 北京: 中国农业出版社, 1991, 25 ~ 28.