

# 小萼蛭软体部不同生理阶段脂肪酸的组成与变化

吴爱春<sup>1</sup>, 张永普<sup>2,†</sup>, 应雪萍<sup>2</sup>, 贾守菊<sup>2</sup>

(1. 浙江广播电视大学永嘉学院, 浙江永嘉 325100; 2. 温州大学生命与环境科学学院, 浙江温州 325027)

**摘要:** 采用气相色谱仪测定了小萼蛭不同生理阶段(配子发生期、成熟期和排放期)软体部脂肪酸的组成。结果表明, 小萼蛭软体部含有23种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸(SFA)5种, 单不饱和脂肪酸(MUFA)5种, 多不饱和脂肪酸(PUFA)13种。各生理阶段的SFA、MUFA和PUFA含量差异极显著, 23种脂肪酸除C<sub>20:3</sub>含量无显著差异外, 其余22种脂肪酸含量差异均显著; SFA含量以排放期为最高, 配子发生期为最低; MUFA含量在配子发生期高于成熟期和排放期, PUFA含量在配子发生期和成熟期高于排放期。

**关键词:** 小萼蛭; 软体部; 脂肪酸; 生理阶段

**中图分类号:** Q493 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3563(2009)04-0019-05

**DOI:** 10.3875/j.issn.1674-3563.2009.04.004 本文的PDF文件可以从 [xuebao.wzu.edu.cn](http://xuebao.wzu.edu.cn) 获得

软体动物脂肪含量的变化与生理状态, 尤其是繁殖状态有关, 在繁殖期脂肪更多地用于生殖配子(尤其是卵子)的能量积累, 在增殖发生期各器官的脂肪含量上升, 精卵排放后下降<sup>[1-6]</sup>。脂肪酸能为性细胞的发育提供营养物质, 多不饱和脂肪酸是细胞膜磷脂的重要组成部分, 可决定细胞膜的部分功能, 一些不饱和脂肪酸还参与细胞识别<sup>[7-9]</sup>。小萼蛭(*Siliqua minima*)隶属于软体动物门(*Mollusca*)双壳纲(*Bivalvia*)刀蛭科(*Cultellidae*), 在我国常分布于东南沿海, 栖息于潮间带至浅海30余米深的软泥或泥沙质海底。张永普等<sup>[10]</sup>报道了小萼蛭软体部的基本营养成分、氨基酸的组成与含量, 并对其营养价值进行了评价, 但有关脂肪酸的组成与含量尚无报道, 关于小萼蛭不同生理阶段脂肪酸的组成和含量及其变化情况并不清楚。本文以小萼蛭为模型动物研究其不同生理阶段(配子发生期、成熟期和排放期)脂肪酸的变化情况, 旨在探讨小萼蛭不同生理阶段脂肪酸的变化规律, 为小萼蛭生理生化研究积累基础数据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

小萼蛭于2005年3月、5月和7月(分别代表配子发生期、成熟期和排放期)下旬, 采于温

收稿日期: 2009-01-04

基金项目: 温州市科技计划发展项目(S2004A001)

作者简介: 吴爱春(1971-), 女, 浙江永嘉人, 硕士, 研究方向: 营养与健康。† 通讯作者, [zhangypu88@yahoo.com.cn](mailto:zhangypu88@yahoo.com.cn)

州鳌江口,材料采集后立即带回实验室,用杭州蓝海星盐制品厂生产的 Q/HLY003 型速溶海水晶配制成盐度为  $21\pm 1$  的人工海水暂养 2-3 d,排除消化道内容物,解剖并取出软体部,每 100 个个体为 1 个样,每月随机取 3 个样,用吸水纸吸干软体部表面的水分,在  $65^{\circ}\text{C}$  的恒温干燥箱中烘至恒重,用高速粉碎机磨碎,经 100 目套筛后的干样用于脂肪酸测定.

### 1.2 脂肪酸的测定

在 Shimadzu GC-9A 型气相色谱仪上测定,配有 C-R2AX 色谱数据微机记录仪.

分析条件:分流进样系统;载气为  $\text{N}_2$ ,线速为  $20\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ,  $\text{H}_2$  为  $0.8\text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,空气为  $0.8\text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ;分析柱为长 25 m、直径 0.25 mm 的 PEG-20M 石英毛细管柱;检测器及进样口温度为  $260^{\circ}\text{C}$ ;柱温采用程序升温法,最高升温为  $230^{\circ}\text{C}$ ;检测器为氢火焰离子检测器 FID.

脂肪酸甲酯的制备:采用氢氧化钾-甲醇高温酯化法,即提取的脂肪用 1:1 ( $V_{\text{苯}}:V_{\text{石油醚}}$ ) 的苯-石油醚溶解,再用  $0.4\text{ mol}\cdot\text{mL}^{-1}$  的氢氧化钾-甲醇溶液酯化.

脂肪酸的定性分析:各脂肪酸依据在相同色谱条件下其标准脂肪酸色谱的特性来确定.混合型标准脂肪酸甲酯购于 Sigma 公司.

### 1.3 数据处理

采用 Statistica 6.0 统计软件包中的单因子方差分析 (one-way ANOVA) 和 Tukey's 多重比较分析相应数据,文中所有数据用“平均值 $\pm$ 标准差”表示,显著性水平  $\alpha = 0.05$ .

## 2 结 果

小菱蛭软体部在不同生理阶段脂肪酸的组成与含量变化见表 1. 小菱蛭软体部在配子发生期和成熟期含有 23 种脂肪酸,排放期含有 22 种脂肪酸. 发生期、成熟期和排放期的饱和脂肪酸(SFA)含有 5 种,单不饱和脂肪酸 (MUFA) 含有 5 种;多不饱和脂肪酸 (PUFA) 在发生期和成熟期为 13 种,排放期为 12 种. PUFA 的含量高于 SFA 和 MUFA, 发生期、成熟期和排放期的 PUFA 含量分别为 47.00%、47.17%和 43.74%, SFA 含量分别为 23.81%、25.37%和 29.46%, MUFA 含量分别为 27.11%、25.75%和 25.42%. 发生期的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸分别以  $\text{C}_{18:0}$ 、 $\text{C}_{18:1}$  和  $\text{C}_{22:6}$  的含量为最高,成熟期和排放期的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸分别以  $\text{C}_{16:0}$ 、 $\text{C}_{16:1}$  和  $\text{C}_{22:5}$  的含量为最高. 小菱蛭不同生理阶段中的饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (PUFA) 含量差异均显著 ( $P < 0.05$ ), 但并未显示出一致的规律. SFA 含量为排放期  $>$  成熟期  $>$  配子发生期,配子发生期的 MUFA 含量高于成熟期和排放期,配子发生期和成熟期的 PUFA 含量高于排放期. 小菱蛭软体部不同生理阶段 23 种脂肪酸除  $\text{C}_{20:3}$  含量差异不显著 ( $P = 0.18$ ) 和  $\text{C}_{14:1}$  含量差异显著 ( $P < 0.05$ ) 外,其余 21 种脂肪酸含量均差异极显著 ( $P < 0.001$ ); Tukey's 检验表明,小菱蛭软体部不同生理阶段  $\text{C}_{14:0}$ 、 $\text{C}_{16:0}$ 、 $\text{C}_{16:1}$ 、 $\text{C}_{16:3}$ 、 $\text{C}_{20:0}$ 、 $\text{C}_{22:0}$  和  $\text{C}_{22:0}$  的含量为排放期  $>$  成熟期  $>$  发生期,而  $\text{C}_{18:1}$ 、 $\text{C}_{20:4}$  和  $\text{C}_{22:6}$  (DHA) 正好相反; $\text{C}_{20:5}$  (EPA) 为成熟期 $>$ 排放期 $>$ 发生期,而  $\text{C}_{18:0}$  和  $\text{C}_{20:1}$  正好相反; $\text{C}_{22:1}$ 、 $\text{C}_{22:4}$  和  $\text{C}_{22:5}$  为发生期  $>$  成熟期和排放期,而  $\text{C}_{18:2}$  正好相反; $\text{C}_{14:1}$  和  $\text{C}_{18:3}$  为成熟期 $>$ 发生期和排放期,而  $\text{C}_{16:2}$  和  $\text{C}_{20:2}$  正好相反; $\text{C}_{14:3}$  为排放期  $>$  发生期  $>$  成熟期,  $\text{C}_{14:2}$  在发生期含量较高,随后减低至排放期消失.

## 3 讨 论

软体动物的生化成分变化与季节变化有关<sup>[2-6,11-12]</sup>,尤其与繁殖周期密切相关<sup>[2,3,5,11-12]</sup>. 青蛤

表 1 小荚蛳软体部不同生理阶段脂肪酸组成  
Table 1 Composition Percentage of Fatty Acid in Edible Part of *Siliqua minima*  
at Different Physiological Stages

脂肪酸	脂肪酸含量 / %		
	发生期	成熟期	排放期
C <sub>14:0</sub>	2.06 ± 0.08 <sup>c</sup>	5.65 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.90 ± 0.03 <sup>a</sup>
C <sub>14:1</sub>	0.63 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.75 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.04 <sup>b</sup>
C <sub>14:2</sub>	0.31 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.03 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>
C <sub>14:3</sub>	0.25 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.42 ± 0.02 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	10.04 ± 0.18 <sup>c</sup>	10.75 ± 0.08 <sup>b</sup>	12.63 ± 0.13 <sup>a</sup>
C <sub>16:1</sub>	5.55 ± 0.10 <sup>c</sup>	12.01 ± 0.29 <sup>b</sup>	12.74 ± 0.11 <sup>a</sup>
C <sub>16:2</sub>	4.41 ± 0.05 <sup>a</sup>	3.09 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.18 ± 0.05 <sup>a</sup>
C <sub>16:3</sub>	2.09 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.94 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.67 ± 0.08 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	10.63 ± 0.09 <sup>a</sup>	6.55 ± 0.02 <sup>c</sup>	7.86 ± 0.23 <sup>b</sup>
C <sub>18:1</sub>	11.19 ± 0.04 <sup>a</sup>	7.82 ± 0.02 <sup>b</sup>	6.64 ± 0.20 <sup>c</sup>
C <sub>18:2</sub>	1.07 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.62 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.14 <sup>a</sup>
C <sub>18:3</sub>	1.36 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.47 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.02 <sup>b</sup>
C <sub>20:0</sub>	0.78 ± 0.11 <sup>c</sup>	1.88 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.50 ± 0.01 <sup>a</sup>
C <sub>20:1</sub>	5.87 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.52 ± 0.02 <sup>c</sup>	3.76 ± 0.05 <sup>b</sup>
C <sub>20:2</sub>	1.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.05 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.42 ± 0.01 <sup>a</sup>
C <sub>20:3</sub>	0.32 ± 0.01	0.34 ± 0.06	0.38 ± 0.03
C <sub>20:4</sub>	6.25 ± 0.08 <sup>a</sup>	3.72 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.43 ± 0.07 <sup>c</sup>
C <sub>20:5</sub>	9.29 ± 0.16 <sup>c</sup>	20.90 ± 0.23 <sup>a</sup>	15.88 ± 0.08 <sup>b</sup>
C <sub>22:0</sub>	0.30 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.54 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.57 ± 0.01 <sup>a</sup>
C <sub>22:1</sub>	3.88 ± 0.25 <sup>a</sup>	1.65 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.59 ± 0.03 <sup>b</sup>
C <sub>22:4</sub>	5.78 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.48 ± 0.02 <sup>b</sup>	2.28 ± 0.10 <sup>b</sup>
C <sub>22:5</sub>	2.16 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.54 ± 0.02 <sup>b</sup>
C <sub>22:6</sub>	12.24 ± 0.33 <sup>a</sup>	7.88 ± 0.05 <sup>b</sup>	6.68 ± 0.07 <sup>c</sup>
∑SFA	23.81 ± 0.30 <sup>c</sup>	25.37 ± 0.11 <sup>b</sup>	29.46 ± 0.08 <sup>a</sup>
∑MUFA	27.11 ± 0.14 <sup>a</sup>	25.75 ± 0.15 <sup>b</sup>	25.42 ± 0.68 <sup>b</sup>
∑PUFA	47.00 ± 0.64 <sup>a</sup>	47.17 ± 0.68 <sup>a</sup>	43.74 ± 0.17 <sup>b</sup>

注: 上标不同字母表示差异显著(P < 0.05), 其中a > b > c

(*Cyclina sinensis*)<sup>[2]</sup>和二倍体太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)<sup>[3]</sup>软体部蛋白质和脂类含量随着性腺的发育逐渐增大, 随着配子的排放而急剧下降; 孔令锋等<sup>[13]</sup>认为二倍体太平洋牡蛎软体部组织中除脯氨酸外, 其它 16 种氨基酸含量繁殖后均高于繁殖前. *Ruditapes decussates* 软体部在休止期和配子发生前期糖元含量最高, 而脂肪含量最低; 成熟期正好相反, 脂肪含量最高, 糖元含量最低<sup>[14]</sup>. 软体动物的脂肪酸含量的变化与海区食物、水温等环境因子有关, 尤其与生理状态密切相关<sup>[1,12]</sup>. 小荚蛳软体部多不饱和脂肪酸(PUFA)在成熟期和配子发生期高于排放期, 这与 Ojea 等<sup>[14]</sup>对 *Ruditapes decussates* 的研究结果一致, 中性和极性脂类中的脂肪酸总量与配子发生周期有关, 其中多不饱和脂肪酸(PUFA)含量随着性腺成熟而增加, 排放后期降至最低. Dridi 等<sup>[11]</sup>认为太平洋牡蛎的 PUFA 含量不仅与繁殖周期相关, 还与海区温度和食物有关; PUFA 含量随温度

升高而降低,随着海区叶绿素含量的增加而升高,与海区的食物丰度和质量相关.小荚蛭夏季(7月)的PUFA含量低于春季(3-5月),与太平洋牡蛎相似<sup>[11]</sup>.PUFA含量的增加有助于维持细胞膜的流动性<sup>[15]</sup>.小荚蛭软体部饱和脂肪酸(SFA)含量随着配子的排放而增加.小荚蛭软体部脂肪酸除C<sub>20:3</sub>外,其它脂肪酸在不同生理阶段的含量都发生了变化;成熟期C<sub>14:0</sub>、C<sub>16:1</sub>、C<sub>20:0</sub>和C<sub>20:5</sub>比配子发生期增加了1倍以上,而C<sub>14:2</sub>急剧下降,推断这5种脂肪酸可以作为配子发生期和成熟期的判断佐证;C<sub>14:2</sub>排放期未检测到.小荚蛭配子发生期的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸分别以C<sub>18:0</sub>、C<sub>18:1</sub>和C<sub>22:6</sub>(DHA)的含量为最高,成熟期和排放期的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸分别以C<sub>16:0</sub>、C<sub>16:1</sub>和C<sub>20:5</sub>(EPA)的含量为最高;贻贝(*Perna perna*)总脂中的脂肪酸以C<sub>16:0</sub>、C<sub>16:1n-7</sub>含量为最高,PUFA中以C<sub>20:5n-3</sub>和C<sub>22:6n-3</sub>的含量为最高<sup>[1]</sup>;双壳类*Limacina helicina*和*Chione limacine*的所有脂肪酸中C<sub>16:0</sub>的含量最丰富,C<sub>20:5n-3</sub>和C<sub>22:6n-3</sub>的含量同样在PUFA中为最高<sup>[16]</sup>.小荚蛭中含有丰富的DHA(C<sub>22:6</sub>)和EPA(C<sub>20:5</sub>),DHA和EPA具有防治心血管病、促进脑的发育、抗炎、抗癌,增强机体免疫力之功效.

#### 参考文献

- [1] Narváez M, Freites L, Guevara M, et al. Food availability and reproduction affects lipid and fatty acid composition of the brown mussel, *Perna perna*, raised in suspension culture [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology: Part B*, 2008, 149: 293-302.
- [2] 曾志南, 李复雪. 青蛤软体部重量和生化组分含量的季节变化[J]. *热带海洋*, 1990, 9(2): 8-15.
- [3] 曾志南, 林琪, 吴建绍, 等. 二倍体和三倍体太平洋牡蛎肉重和生化成分的周年变化[J]. *海洋科学*, 1999, 23(5): 54-57.
- [4] 邱德全, 李复雪. 环沟格特蛤生化成分的周年变化[J]. *热带海洋*, 1999, 18(1): 46-51.
- [5] 郑怀平, 高健. 扁玉螺蛋白质、脂肪含量的季节变化[J]. *海洋科学*, 2002, 26(4): 5254.
- [6] 张永普, 应雪萍, 贾守菊. 泥蚶肥满度、含水量和生化成分的周年变化[J]. *河南科学*, 2004, 22(1): 57-59.
- [7] 周秋香, 杨莉丽. 多不饱和脂肪酸(PUFAs)的生物合成与功能[J]. *廊坊师范学院学报*, 2002, 18(4): 59-62.
- [8] 余文三. 多不饱和脂肪酸的研究概况[J]. *国外医学: 卫生学分册*, 1998, 25(6): 359-367.
- [9] 杭晓敏, 唐涌濂, 柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. *生物工程进展*, 2001, 21(4): 18-21.
- [10] 张永普. 小荚蛭肉营养成分的分析及评价[J]. *动物学杂志*, 2002, 37(6): 63-66.
- [11] Dridi S, Romdhane M S, Elcafsi M. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia [J]. *Aquaculture*, 2007, 263: 238-248.
- [12] Ren J S, Marsden I D, Ross A H, et al. Seasonal variation in the reproductive activity and biochemical composition of the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) from the Marlborough Sounds, New Zealand [J]. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 2003, 37: 171-182.
- [13] 孔令锋, 王昭萍, 于瑞海, 等. 二倍体和三倍体太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)繁殖前后生化成分及氨基酸组成的比较研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2001, (4): 44-49.
- [14] Ojea J, Pazos A J, Martı́nez D, et al. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussates* in relation to the gametogenic cycle [J]. *Aquaculture*, 2004, 238: 451-468.
- [15] Bell M V, Henderson R J, Sargent J R. The role of polyunsaturated fatty acids in fishes [J]. *Comparative Biochemistry*

and Physiology: Part B, 1986, 83: 711-719.

- [16] Falk-Petersen S, Sargent J R, Kwasniewski S, et al. Lipids and fatty acids in *Clione limacina* and *Limacina helicina* in Svalbard waters and the Arctic Oceano-trophic implications [J]. Polar Biology, 2001, 24: 163-170.

## Composition and Changes of Fatty Acids in Edible Part of *Siliqua minima* at Different Physiological Stages

WU Aichun<sup>1</sup>, ZHANG Yongpu<sup>2,†</sup>, YING Xueping<sup>2</sup>, JIA Shouju<sup>2</sup>

(1. Yongjia College, Zhejiang Radio and TV University, Yongjia, China 325100; 2. College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, China 325027)

**Abstract:** Composition of the fatty acids in the edible part of *Siliqua minima* at different physiological stages was examined by means of gas chromatography. The results indicated that there were 23 kinds of fatty acids, including 5 kinds of saturated fatty acids (SFA), 5 kinds of monounsaturated fatty acids (MUFA) and 13 kinds of polyunsaturated fatty acids (PUFA). According to analysis, the differences of concentrations of SFA, MUFA and PUFA in different physiological stages were obvious. Except C<sub>20:3</sub>, the differences of concentrations of all the other 22 fatty acids were obvious. Maximum concentration of SFA occurred during the spawning phase, but minimum concentration occurred during the gametogenesis phase. The concentration of MUFA in gametogenesis phase was higher than that in maturation and spawning phase. The concentrations of PUFA in gametogenesis and maturation phase were higher than that in spawning phase.

**Key words:** *Siliqua minima*; Edible Part; Fatty Acid; Physiological Stage

(编辑: 王一芳)