

南美白对虾卵和无节幼体脂肪酸组成及其与饵料的关系

蔡生力, 刘福军, 冯普刚

(农业部水产养殖生态生理重点开放实验室, 上海水产大学, 上海 200090)

摘要:为探讨南美白对虾(*Penaeus vannamei*)在幼体发育过程中对多不饱和脂肪酸的需求及饵料对卵、无节幼体脂肪酸组成的影响, 对南美白对虾卵和无节幼体脂肪酸的组成进行测定和分析, 并比较幼体阶段主要脂肪酸含量及其变化。在卵脂肪中占主要比例的脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸、花生四烯酸和DHA, 而在无节幼体中则为棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸、花生四烯酸、EPA和DHA。在从卵到无节幼体的发育过程中, 除EPA和DHA占总脂肪酸比例有较明显的上升外, 其他脂肪酸所占比例均有不同程度的变化, 总体变化特点为饱和脂肪酸的比例逐渐下降, 而多不饱和脂肪酸的比例上升。亲虾饵料沙蚕(*Nereis* spp.)的脂肪酸组成分析表明, 沙蚕与卵及无节幼体脂肪酸的组成具有一定的相关性。

关键词:南美白对虾(凡纳对虾); 卵; 无节幼体; 脂肪酸; 沙蚕

中图分类号:S968.22

文献标识码:A

文章编号:1005-8737(2002)01-0142-05

近年来, 对虾养殖已成为我国沿海地区重要的支柱产业。南美白对虾(*Penaeus vannamei*)作为一种优良虾种具有适应力强, 生长迅速和抗病力强3大特点。尽管研究者成功地进行了其生产性育苗和养成^[1], 但如何促进亲虾的性成熟则仍未彻底解决。据研究, 饵料中脂肪酸的组成对于亲虾的性腺发育具有极其重要的作用^[2]。有研究表明, 饲料中的生化组成直接影响对虾卵和无节幼体的生化组成^[3-7]。因而在亲虾暂养期间以及产卵后第2、3次成熟期间, 选择何种饵料使亲虾卵巢充分发育成熟并获得高质量的虾卵是关键问题。对虾发育过程中的脂肪酸组成及其变化与营养需求之间可能存在相关性。为此本研究通过对南美白对虾早期发育阶段脂肪酸组成的测定及亲虾饵料脂肪酸组成的测定, 分析和比较从卵到无节幼体脂肪酸含量(比例)的变化及饵料与卵、无节幼体脂肪酸组成的关系。探讨在幼体发育过程中对多不饱和脂肪酸的需求及饵料

对卵、无节幼体脂肪酸组成的影响, 为南美白对虾的养殖生产以及饵料的研制提供科学依据。

1 材料及方法

1.1 材料

南美白对虾卵和无节幼体取自上海申漕特种水产品开发有限公司, 采集时间分别为4月23~28日和5月10日。饵料沙蚕, 于4月中旬取自青岛。实验分析用沙蚕随机选自喂养亲虾的沙蚕。

1.2 实验方法

1.2.1 样品处理 南美白对虾卵和无节幼体采集后于-20℃冷藏待用。沙蚕直接进行活体分析。

1.2.2 测定方法 脂肪酶提取采用Bligh-Dyer和L.D. Metcalfe改良法基础上的快速法进行甲酯化^[8], 而后注入气相色谱仪分析脂肪酸的组成。脂肪酸甲酯的定性与定量以美国Accustandard Inc.的脂肪酸甲酯混合标样(Product FAMQ-005)作为参照, 样品脂肪酸甲酯的组份与标样的保留时间进行比较并定性和定量。

1.2.3 气相色谱条件 实验所用气相色谱仪为HP6890 II型气相色谱仪。检测器为氢火焰离子化

收稿日期: 2001-10-08.

基金项目: 上海水产大学校长基金(2000-16).

作者简介: 蔡生力(1957-), 男, 副教授, 从事水产动物繁殖与发育生物学和增殖学研究。

检测器。色谱柱为 HP19091 - N213 型,毛细管柱参数为 $30\text{ m} \times 0.25\text{ mm}$,载气为高纯氮,进样口温度 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$,压力 8.91 Pa ,分流比为 $50:1$ 。升温程序为:初始温度 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$,此后以 $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度上升至 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 2 min ,而后以 $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度上升至 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$,并保持 10 min ,用 Agilent 6890 数据工作站处理数据,通过内标法校正。

2 结果与分析

南美白对虾卵、无节幼体和沙蚕的脂肪酸组成

表 1 南美白对虾卵、无节幼体和沙蚕的脂肪酸组成

Table 1 Fatty acid profiles of *P. vannamei* egg and nauplius and *Nereis* spp.

脂肪酸组成 Fatty acid profile	沙蚕 Nereis		卵 Egg		无节幼体 Nauplius	
	绝对比例 ^① /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Absolute content	相对比例 ^② /% Relative content	绝对比例 ^① /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Absolute content	相对比例 ^② /% Relative content	绝对比例 ^① /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Absolute content	相对比例 ^② /% Relative content
C12:0	—	—	253.24	0.66	98.41	0.46
C14:0	174.80	3.41	1319.59	3.44	612.18	2.88
C15:0	62.40	1.22	—	—	—	—
C16:0	1464.70	28.59	13002.07	33.91	6281.23	29.54
C17:0	117.70	2.30	931.34	2.43	504.18	2.37
C18:0	—	—	47.48	0.12	182.52	0.86
C20:0	159.40	3.11	598.05	1.56	399.30	1.88
C21:0	133.20	2.60	423.05	1.10	299.42	1.41
总饱和脂肪酸 Total SFA	2112.20	41.24	16574.81	43.22	8377.24	39.39
C15:1n-5	—	—	661.70	1.73	340.60	1.60
C16:1n-7	951.60	18.58	7592.69	19.80	3225.79	15.17
C17:1n-7	145.30	2.84	1649.45	4.30	926.96	4.36
C22:1n-9	181.90	3.55	1058.19	2.76	674.03	3.17
单不饱和脂肪酸 MUFA	1278.80	24.97	10962.03	28.59	5167.39	24.30
Trans - C18:2n-6	253.30	4.95	—	—	—	—
C18:2n-6	63.00	1.23	2253.64	5.88	909.77	4.28
C20:2n-6	110.60	2.16	406.42	1.06	392.93	1.85
C20:4n-6 (AA)	692.80	13.53	3424.79	8.93	1432.88	6.74
C20:5n-3	173.00	3.38	1077.74	2.81	1888.20	8.88
C22:6n-3	438.60	8.56	3647.16	9.51	3097.85	14.57
高不饱和脂肪酸 HUFA	1731.30	33.80	10809.75	28.19	7721.63	36.31
总脂肪酸 TFA	5122.30	—	38346.59	—	21266.25	—
n-6 HUFA	1119.70	21.86	6084.85	15.87	2735.58	12.86
n-3 HUFA	611.60	11.94	4724.90	12.32	4986.05	23.45
C_{n-3}/C_{n-6}	0.55	—	0.78	—	1.82	—
C_{AA}/C_{HUFA}	40.02	—	31.68	—	18.56	—
C_{AA}/C_{TFA}	13.53	—	8.93	—	6.74	—

注:①以每克组织湿重的脂肪酸甲酯的量表示脂肪酸的绝对含量。Values express the content of methyl ester in 1 g wet tissue.

②脂肪酸占总脂肪酸的比例。Ratios of fatty acids to total fatty acids.

见表 1。由表 1 可见,南美白对虾卵中主要为棕榈酸(C16:0)、棕榈油酸(C16:1n-7)、亚油酸(C18:2n-6)、花生四烯酸(C20:4n-6)和 DHA(C22:6n-3),其占总脂肪酸的比例(相对比例)分别为 33.91%、19.80%、5.88%、8.93%、9.51%。而无节幼体脂肪酸主要为棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸、花生四烯酸、EPA(C20:5n-3)和 DHA,其相对比例分别为 29.54%、15.17%、4.28%、6.74%、8.88%、14.57%。

南美白对虾从卵到无节幼体的发育过程中, 幼体总脂肪酸、总不饱和脂肪酸和总 $n-6$ 系列高不饱和脂肪酸(HUFA) 都有不同程度的下降, 但总 $n-3$ 系列 HUFA 增加, 因此导致 HUFA 的相对比例增加, C_{n-3}/C_{n-6} 值上升。棕榈酸在卵中含量极高 ($13\,002.07\ \mu\text{g/g}$ 体重), 而在无节幼体中其比例显著降低 ($6\,281.23\ \mu\text{g/g}$ 体重), 但其相对比例仍达到了 29.54%, 是无节幼体含量最高的脂肪酸, 它的降低是无节幼体总脂肪酸下降的主要因素。棕榈油酸在卵中的相对比例 (19.80%) 仅次于棕榈酸, 无节幼体则下降到 15.17%, 但仍维持了较高水平。花生四烯酸和亚油酸的相对比例有不同程度的下降, 但 EPA 和 DHA 从卵发育至无节幼体阶段则有不同程度的增加, 其中 EPA 的增幅较为显著。其他饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸的比例变化较为平缓。尽管 HUFA 的绝对比例下降, 但其相对比例上升, 因而从卵到无节幼体的发育过程中, 脂肪酸的变化特点为单不饱和脂肪酸(MUFA) 的相对比例降低, 而 HUFA 的相对比例增加。

沙蚕中主要脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、反亚油酸(Trans- $C_{18:2n-6}$)、花生四烯酸、EPA 和 DHA, 其占总脂肪酸的比例分别为 28.59%、18.58%、4.95%、13.53%、3.38% 和 8.56%。从沙蚕卵和无节幼体相应的指标比较可以发现, 三者棕榈酸、棕榈油酸相近, 沙蚕与卵的 EPA、DHA 和 $n-3$ HUFA 的相对比例相近, 但明显低于无节幼体的相应指标; 花生四烯酸的相对比例较卵和无节幼体高, 与 $n-6$ 的变化趋势相同; 沙蚕与卵的 C_{n-3}/C_{n-6} 相近, 但显著低于无节幼体; 而三者的 HUFA 的相对比例却相近, 因而卵和无节幼体的脂肪酸组成可能受到饵料脂肪酸组成的影响, 且影响程度卵大于无节幼体。沙蚕中花生四烯酸为 13.53%, 对 HUFA 的相对比例为 40.02%, 沙蚕中 $n-3$ HUFA 和 $n-6$ HUFA 分别为 11.94% 和 21.86%, 而 C_{n-3}/C_{n-6} 较低, 仅为 0.55。沙蚕 HUFA 的相对比例为 33.80%, 单不饱和脂肪酸的相对比例为 24.97%, 这 2 项就占 58.77%, 因而沙蚕脂肪酸组成特点便是与卵和无节幼体相似, 含有大量不饱和脂肪酸。

3 讨论

在南美白对虾由卵到无节幼体的发育过程中, 脂肪酸组成的变化趋势为饱和及单不饱和脂肪酸的相对比例逐渐减少, 而多不饱和脂肪酸的相对比例

逐渐增大。在幼体发育的早期阶段, 从卵、无节幼体到蚤状幼体早期, 幼体不能通过摄食获得外源性营养, 卵脂肪是胚胎发育和幼体变态的主要能量来源^[2]。从本实验结果可知, 从卵到无节幼体各种脂肪酸的相对比例除了 DHA 和 EPA 增加外, 其余脂肪酸的相对比例都有不同程度的降低, 这说明在南美白对虾幼体早期发育过程中, 以消耗卵中的脂肪作为能量来满足胚胎发育和无节幼体的活动及变态的需要。

Teshima 等^[3]对日本对虾的研究表明, 从卵至蚤状幼体的发育过程中, 脂肪含量逐渐降低直至最低, 然后随着发育进程而升高, 这主要是由于蚤状幼体开始摄食而从外界获取脂肪来满足自身生长的需要。同时, 随着幼体的发育, EPA、DHA 在极性磷脂部分的比例不断增加, 而在中性甘油三酯部分比例的变化很小, 证明了 EPA 和 DHA 主要存在于虾体的细胞和亚细胞结构中, 是虾体组织的重要组成部分, 它们的比例随虾体的生长而增加。本实验中南美白对虾从卵到无节幼体的早期发育中, 虽 HUFA 的绝对量降低了, 但其相对比例却在增高, 尤其 EPA 和 DHA 的比例有较大幅度的增加, 而且 EPA 的绝对量也在增加。研究证明, 香鱼 (*Plecoglossus altivelis*)^[9]、虹鳟 (*Salmo gairdneri*)^[10]、罗非鱼 (*Tilapia zillii*)^[11] 和斑点叉尾鲷 (*Ictalurus punctatus*)^[12] 有能力将亚油酸转变为花生四烯酸。因为对虾在其幼体阶段不能合成必需的脂肪酸, 这说明南美白对虾在其幼体发育阶段中体内不同脂肪酸可能存在着一定的转化关系, 尤其向 HUFA 的方向进行。

日本对虾卵中主要脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、油酸、EPA 和 DHA^[3], 白对虾 (*P. setiferus*) 幼体中主要脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸、花生四烯酸和 DHA^[4], 另外, 中国对虾卵中主要脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸、花生四烯酸、EPA 和 DHA^[13-15]。而在本实验中, 南美白对虾卵中主要脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、亚油酸、花生四烯酸和 DHA。可见南美白对虾卵的脂肪酸组成与白对虾卵的脂肪酸组成相似, 但白对虾脂肪酸中花生四烯酸的含量较多且在幼体发育过程中有较大幅度增加的特点, 而南美白对虾幼体发育过程中花生四烯酸的比例却在下降, 但是其 EPA 和 DHA 的相对比例却明显上升, 这与日本对虾和中国对虾 EPA 和 DHA 的变化趋势相同。由此可见, 不同种的对虾在早期

发育过程脂肪酸变化不尽相同,但基本相近。

Jeckel 等^[6]的研究表明,饵料的生化组成直接影响了虾卵或无节幼体的生化组成。本实验对沙蚕与卵和无节幼体脂肪酸的组成分析研究发现,沙蚕的脂肪酸组成与南美白对虾卵和无节幼体的脂肪酸组成相似,特别是占主要比例的棕榈酸、棕榈油酸、花生四烯酸、DHA 等相对比例较接近,而且沙蚕与卵的相似程度大于与无节幼体的相似程度。另外沙蚕脂肪酸组成中含有反亚油酸,其与亚油酸的相对比例总和与南美白对虾卵中所含亚油酸比例接近。沙蚕的 HUFA 和 MUFA 分别为 33.8%、24.97%,与南美白对虾卵和无节幼体中相应指标较接近。沙蚕中 n-3HUFA 的相对比例为 11.94%,这与南美白对虾卵中该值(12.32%)相接近,这说明南美白对虾卵和无节幼体的脂肪酸组成与亲虾饵料的脂肪酸组成间具有一定的相关性。沙蚕的脂肪酸组成中花生四烯酸占总多不饱和脂肪酸的比例为 40.02%,据有关报道花生四烯酸是前列腺素前体,有促进亲虾卵巢成熟的作用^[14,16]。生产实践表明,以沙蚕为饵料投喂亲虾,投喂效果较其他饵料好,而且目前在我国的亲虾培育和繁殖过程中,养殖者也喜用沙蚕,这说明花生四烯酸可能是一种极为重要的多不饱和脂肪酸,因此在衡量亲虾饵料质量时应予以重视,而花生四烯酸与亲虾性腺发育的关系有待进一步研究,特别是花生四烯酸与前列腺素间的联系尤其应重点研究。

致谢:本实验得到了上海申漕特种水产开发公司的帮助,谨此致谢。

参考文献:

- [1] 刘梦霞,刘 岗.南美白对虾的养殖[J].海水养殖,2000,55:19-27.
- [2] Lytle J S, Lytle T F, Ogle J T. Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei* [J]. Aquaculture, 1990, 80:97-109.
- [3] Teshima S, Kanazawa A, Kakuta Y. Variation in lipid composition during the larval development of the prawn (*Penaeus japonicus*) [J]. Mem Fac Fish Kagoshima, 1986, 31:205-212.
- [4] Ward G D, Middleditch B S, Missler S R, et al. Fatty acid changes during larval development of *Penaeus setiferus* [J]. Proc World Maricul Soc, 1979, 10:464-471.
- [5] Jones D A, Kanazawa A, Ono K. Studies on the nutritional requirements of the stages of *Penaeus japonicus* using microencapsulated diets [J]. Marine Biology, 1979, 54:261-267.
- [6] Jeckel W H, De Moreno J A, Moreno V J. Biochemical composition of lipid classes and fatty acids in the ovary of the shrimp *Pleoticus muelleri* Bate [J]. Comp Biochem Physiol, 1989, 92B (2):271-276.
- [7] Naessens E, Lavens P, Gomez L, et al. Maturation performance of *Penaeus vannamei* co-fed Artemia biomass preparation [J]. Aquaculture, 1997, 155:87-101.
- [8] 黄志斌,李淡秋.快速制备脂肪酸甲脂用于气相色谱分析[J].水产学报,1990,14(1):40-43.
- [9] Kanazawa A, Teshima S I, Sakamoto M. Requirements of essential fatty acids for the larval Ayu [J]. Bull Jap Sci Fish, 1982, 48 (4):587-590.
- [10] Takeuchi T, Watanabe T. Effects of various polyunsaturated fatty acids on growth and fatty acid compositions of rainbow trout *Salmo gairdneri*, Coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, and Chum salmon *Oncorhynchus keta* [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1982, 48(12):1745-1752.
- [11] Kanazawa A, Teshima S I, Sakamoto M, et al. Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1980, 48(11):1353-1356.
- [12] Satoh S, Poe W E, Wilson R P. Studies on the essential fatty acid requirement of channel catfish *Ictalurus punctatus* [J]. Aquaculture, 1989, 79:121-128.
- [13] 季文娟.野生及人工养殖的中国对虾(*Penaeus chinensis*)的脂肪酸组成的分析及比较研究[J].中国水产科学,1996,3(1):16-20.
- [14] 季文娟,徐学良.中国对虾(*Penaeus chinensis*)卵巢发育过程中脂肪酸组成的分析及比较研究[J].海洋水产研究,1992,13:7-12.
- [15] 季文娟.中国对虾(*Penaeus chinensis*)幼体发育各阶段脂肪酸组成研究[J].中国水产科学,1996,3(4):28-34.
- [16] Spaziani E P, Hinsch G W, Edwards S C. Possible role of prostaglandin F sub (2a) in vitellogenesis in the crayfish (*Procambarus paeninsularis*) [J]. Am Zool, 1991, 31(5):23A

Fatty acid profiles in egg and nauplius of *Penaeus vannamei* and the relationship with maturation diets

CAI Sheng-li, LIU Fu-jun, FENG Pu-gang

(Key Laboratory of Ecology and Physiology in Aquaculture of the Ministry of Agriculture,
Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: The eggs and nauplius of *Penaeus vannamei* were collected in middle April and *Nereis* spp. was used as the maturation diets. The analysis results show that the major fatty acids in the eggs are C16:0, C16:1n-7, C18:2n-6, C20:4n-6 and C22:6n-3, and in the nauplius are C16:0, C16:1n-7, C18:2n-6, C20:4n-6, C20:5n-3 (EPA), and C22:6n-3 (DHA). During the early development stages from egg to nauplius, the ratios of EPA and DHA to total fatty acids increase obviously, but the ratios of the other fatty acids change slightly. The trend is that the ratio of total saturated fatty acids to total fatty acids declines gradually, and that of polyunsaturated fatty acids increases gradually from egg to nauplius. At the same time, the content of n-3 polyunsaturated fatty acids increases, but the content of n-6 polyunsaturated fatty acids declines. In the blood worm *Nereis* spp, the fatty acid profiles are C16:0 (28.59%), C16:1n-7 (18.58%), Trans-C18:2n-6 (4.95%), C20:4n-6 (13.53%), EPA (3.38%) and DHA (8.56%). The results implicate that the fatty acid profiles in blood sand worm have more influence on those in egg than those in nauplius.

Key words: *Penaeus vannamei*; egg; nauplius; fatty acids; *Nereis* spp.

《中国水产文摘》征订启事

本刊系我国水产系统全面报道国内水产科技文献的综合性检索期刊,由中国水产科学研究院渔业综合信息研究中心主办。其宗旨是全面、及时地报道全国各地公开发行的水产科技文献,为读者快速、方便地检索国内水产科技文献服务。本刊为全国优秀水产刊物,2次获全国水产优秀期刊一等奖,1次获全国科技文献检索期刊二等奖,3次获全国科技文献检索期刊三等奖。系《中文核心期刊要目总览》(第3版,2000年)中“水产、渔业”核心期刊评定依据(检索工具)之一。

本刊所收录的文献类型有期刊、专著、汇编、会议录、科技报告、技术标准等。按以下主要类目编排:(1)水产总论;(2)水产基础科学;(3)水产资源和环境保护;(4)水产捕捞;(5)海水养殖;(6)淡水养殖;(7)水产生物病害及防治;(8)饲料和肥料;(9)水产品保鲜及加工;(10)渔业机械仪器和渔船;(11)渔业经济。年报道量3000条以上。每年第1期刊登本刊引用主要期刊一览表。年终编辑出版本年度主题索引、著者索引。本刊备有自1985年创刊至2001年度的《中国水产文献数据库》光盘和软盘,需要者可来函联系。

本刊为双月刊,逢双月底出版,国内外公开发行,国内统一刊号:CN 11-2813/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1002-1612;邮发代号:18-126,国外代号:BM 4104。每期定价12.00元,全年6期共72.00元。读者既可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部订阅(邮局汇款或银行转账均可)。编辑部开户银行:北京工商银行永定路分理处;账号:14442828;户名:中国水产科学研究院。编辑部地址:北京市永定路南青塔村150号,邮政编码:100039;联系电话:(010)68673921;传真:(010)68676685、68673931;E-mail:zgscwz@mail.cafs.ac.cn 或 zjb_163@163.net。