

# 高度不饱和脂肪酸对中国对虾亲虾的 产卵和卵质的影响

季文娟

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

**摘 要** 用高度不饱和脂肪酸组成和含量不同的四种饲料饲养中国对虾亲虾以研究高度不饱和脂肪酸对中国对虾亲虾产卵及卵质的影响。试验采用脂肪酸组成模式不同的 鱼油、亚麻油、玉米油和猪油为脂肪源配制的饲料对产卵前的亲虾进行 60 天的投喂试验, 测定了不同脂肪酸组成的饲料对亲虾产卵量、孵化率和卵脂肪酸组成的影响, 并经回归分析结果表明, 卵脂肪中的 20:5 $\omega$ 3 (EPA) 与产卵量、22:6 $\omega$ 3 (DHA) 与孵化率有相关关系, 表明了 EPA、DHA 这二种高度不饱和脂肪酸对中国对虾的繁殖力具有特殊的作用, 中国对虾亲虾对 EPA 和 DHA 的最低需要量为干饲料的 1.5%, 以保证正常的产卵和卵质。

**关键词** 高度不饱和脂肪酸, 中国对虾, 产卵, 卵质

对虾育苗生产中, 虾卵的质量是决定生产成败的重要因素。国外一些研究结果表明, 健康亲虾的卵巢发育和正常的性成熟与亲虾的营养状况有关 [Brown 等 1980; Lawrence 等 1979], 由于脂类不仅为亲虾的卵巢发育提供了能源, 并且提供必需脂肪酸及组成磷脂和某些激素的重要成分, 因此, 脂类营养对亲虾的繁殖过程具有重要的作用。国外一些学者进行了有关脂类与对虾性成熟关系的研究和报道 [Middleditch 等 1980; Teshima 等 1988; Kanazawa 等 1979], 但用含不同脂类的亲虾配合饲料进行投喂试验的报道很少。中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 是我国最常见的一个对虾养殖品种, 养殖面积广、产量高, 近年来有关中国对虾营养需求研究多见报道, 但有关亲虾饲料的营养需要量和产卵及卵质的关系至今未见报道。本研究的目的是测定中国对虾亲虾饲料中的高度不饱和脂肪酸对亲虾产卵和卵质的影响以及饲料中的高度不饱和脂肪酸的最适含量水平。本试验设计了四种脂肪酸组成模式不同的脂肪源配制的饲料对亲虾产卵前进行 60 天的投喂试验, 测定了不同脂肪源对亲虾产卵量、卵脂肪酸组成和卵孵化率的影响, 对中国对虾饲料中的高度不饱和脂肪酸与亲虾繁殖力的关系和影响进行了研究。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验用亲虾

中国对虾野生亲虾 50 尾, 在 2 m $\times$  2 m $\times$  1 m 的水泥池内蓄养 1 周后, 仔细挑选 30 尾体重相近, 性腺发育为 II 期的雌性亲虾, 分养在 10 个 90 cm $\times$  60 cm $\times$  60 cm 的网箱中, 每个网箱放养 3 尾亲虾, 2 个网箱为一个重复试验组, 投喂同一种饲料, 分别喂四组试验饲料和一组对照饲料

蛤肉。网箱按组分放在不同的水泥池中, 每个水泥池均备有 24h 充气及自动控温设备。

## 1.2 饲料设计

以酪蛋白为主要蛋白源, 加上大豆粉、虾粉、明胶、糊精、无机盐混合物及维生素混合物。四组试验饲料是在相同的基础组份中分别加入 10% 的鱼油、亚麻油、玉米油和猪油, 实验饲料组成见表 1。为保证试验饲料中所添加脂类的单一性, 酪蛋白、大豆粉、明胶、虾粉等原料均用热酒精处理以除去痕量脂肪。干燥的饲料各组份充分混合搅拌均匀, 加入明胶溶液混匀在冰箱放置 24h, 颗粒成型干燥后, 存放在  $-20^{\circ}\text{C}$  冰箱内备用。

表 1 实验饲料的组成

Tab. 1 Test diet ingredients

成分	实 验 饲 料			
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>
干酪素	35	35	35	35
明胶	15	15	15	15
豆粉	10	10	10	10
虾粉(脱脂)	3	3	3	3
糊精	20	20	20	20
维生素混合物 <sup>*1</sup>	2	2	2	2
矿物质混合物 <sup>*2</sup>	3	3	3	3
猪油	10			
玉米油		10		
亚麻油			10	
鱼油				10
胆固醇	0.5	0.5	0.5	0.5
氯化胆碱	0.5	0.5	0.5	0.5
抗坏血酸	1.0	1.0	1.0	1.0

注: \*1 维生素混合物: 每 1000g 饲料含维生素 E400mg; D7500IU; B<sub>1</sub>1500mg; B<sub>2</sub> 100mg; 泛酸 100mg; 生物素 1mg; 尼克酸 300mg; 叶酸 20mg; 肌醇 300mg。\*2 矿物质混合物: 每 1000g 饲料含: FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 1.49g; CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.098g; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.484g; MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 0.016g; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 0.002g; MgSO<sub>4</sub> 9.91g; K 0.7%; Na 0.5%

## 1.3 试验条件

每日投喂 2 次, 投喂量视摄食情况定, 水温由  $11^{\circ}\text{C}$  逐渐升至  $15^{\circ}\text{C}$ , 平均每周升温  $0.5^{\circ}\text{C}$ , 水泥池中每日换水 1/6, 一有亲虾产卵, 即将所有亲虾移至另一网箱, 原网箱进行卵量及卵孵化率的测定。

## 1.4 脂肪酸分析

样品的脂肪提取采用 Bligh 和 Dyer[1959] 的方法。用 Maeda[1987] 的改良盐酸甲醇法将样品油脂甲酯化, 脂肪酸分析在 HP5890 II 型气相色谱仪上进行, 仪器配置 0.32mm×25m Carbowax 毛细管柱及 FID 检测器, 各种脂肪酸的定性采用与标准样品保留时间比较的方法, 脂肪酸定量采用面积归一化法计算。

## 1.5 数据分析

采用方差显著检验, 多重范围比较法及线性回归分析。

## 2 结果

表2为四种实验饲料的脂肪酸组成, 表3、图1、图2表明了投喂五种不同饲料(包括对照)对亲虾的产卵量及卵孵化率的影响。从表3可见喂以猪油为脂肪源饲料的亲虾的产卵量及卵孵化率最低; 而投喂以玉米油或亚麻油试验饲料的亲虾的产卵量有明显的改善( $P < 0.05$ ), 在卵孵化率方面, 玉米油和亚麻油饲料组的亲虾所产卵的孵化率较猪油饲料组的亲虾所产卵的孵化率略有提高, 但差异不显著( $P > 0.05$ ); 而饲喂以鱼油饲料组的亲虾的产卵量大大地增加( $P < 0.01$ ), 并且卵的孵化率也显著地提高( $P < 0.01$ ), 其产卵量和孵化率均和喂蛤肉的对照组亲虾相近。

表2 实验饲料的脂肪酸组成(%脂肪酸总和)  
Tab.2 Fatty acid compositions of test diets (% total fatty acids)

脂肪酸	饲料1 <sup>#</sup> (猪油)	饲料2 <sup>#</sup> (玉米油)	饲料3 <sup>#</sup> (亚麻油)	饲料4 <sup>#</sup> (鱼油)	对照饲料蛤肉
C <sub>14:0</sub>	1.1			6.8	4.8
C <sub>16:0</sub>	16.4	13.3	5.8	20.7	25.0
C <sub>16:1n7</sub>	1.0			7.2	5.7
C <sub>18:0</sub>	10.2	2.6	3.4	4.3	6.8
C <sub>18:1n7</sub>	20.2	31.6	19.4	16.5	15.4
C <sub>18:2n6</sub>	23.4	50.9	17.4	10.1	12.9
C <sub>18:3n3</sub>	2.3	1.6	44.2	2.7	0.9
C <sub>20:1n7</sub>	0.4			2.9	
C <sub>20:4n6</sub>				0.8	2.4
C <sub>20:5n3</sub>				8.4	18.1
C <sub>22:6n3</sub>				6.7	6.8
∑饱和脂肪酸	27.7	15.9	9.2	31.8	36.6
∑单烯酸	21.6	31.6	19.4	26.6	21.1
∑ω-3高不饱和	2.3	1.6	44.2	17.8	25.8
∑ω-6高不饱和	23.5	50.9	17.4	10.9	15.3
ω-3/ω-6	0.10	0.03	2.57	1.63	1.69

注: 脂肪酸表示法 A:B $\omega$ C A: 碳原子数 B: 双键数 C: 从烷基端数第一个双键位置

表3 不同脂肪源对亲虾产卵量及孵化率的影响

Tab.3 Effects of dietary lipid on fecundity and egg hatchability of Chinese prawn broodstock

饲料	卵量/尾虾 $\times 10^4$	平均卵量/50mL	平均无节幼体数/50mL	平均孵化率%
1 <sup>#</sup> (猪油)	34.8 $\pm$ 4.3 <sup>c</sup>	76.7 $\pm$ 9.47 <sup>c</sup>	17.0 $\pm$ 3.56 <sup>c</sup>	22.0 $\pm$ 2.00 <sup>c</sup>
2 <sup>#</sup> (玉米油)	71.1 $\pm$ 4.3 <sup>b</sup>	158 $\pm$ 9.20 <sup>b</sup>	45.0 $\pm$ 2.38 <sup>b</sup>	28.5 $\pm$ 1.51 <sup>b</sup>
3 <sup>#</sup> (亚麻油)	81.8 $\pm$ 2.9 <sup>b</sup>	178.7 $\pm$ 6.35 <sup>b</sup>	53.0 $\pm$ 2.52 <sup>b</sup>	30.0 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup>
4 <sup>#</sup> (鱼油)	99.0 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	218.3 $\pm$ 1.73 <sup>a</sup>	174.0 $\pm$ 4.55 <sup>a</sup>	80.0 $\pm$ 5.08 <sup>a</sup>
对照(蛤肉)	101.9 $\pm$ 12.2 <sup>a</sup>	224.7 $\pm$ 26.82 <sup>a</sup>	187.0 $\pm$ 24.22 <sup>a</sup>	83.0 $\pm$ 3.24 <sup>a</sup>

注: 每一数值是由6次测定值的平均数。a. b. c. 不同者为差异显著( $P < 0.05$ )

表4表明了亲虾饲料中不同脂肪源对虾卵脂肪酸组成的影响, 不同的饲料脂肪源对虾卵脂肪中的18:2 $\omega$ 6、 $\omega$ -6不饱和脂肪酸总和、 $\omega$ -3不饱和脂肪酸总和及 $\omega$ -3/ $\omega$ -6的比率都

有明显的影响。从表 4 可见, 分别喂以猪油、玉米油、亚麻油及 鱼油为脂肪源的饲料的亲虾所产虾卵的饱和脂肪酸总和分别为 27.6%、25.4%、22.0% 和 20.4%, 而表 2 所示饲料中的饱和脂肪酸的总和分别为 27.7%、15.9%、9.2% 和 31.8%。喂不同脂肪源饲料的亲虾所产卵的饱和脂肪酸含量的差别不大, 说明对虾卵子的饱和脂肪酸的含量是保持恒定的, 而卵中  $\omega-3$  长链高度不饱和脂肪酸 (EPA + DHA) 的含量分别为 12.8%、14.0%、19.5% 和 27.6%, 依次增加, 受饲料中脂肪酸组成的影响比较明显。

投喂 鱼油和亚麻油饲料组的亲虾, 其卵所含  $\omega-3$  高度不饱和脂肪酸的总和较高, 分别为 28.8% 和 23.3%, 而 18:1  $\omega-9$  的含量较低, 分别为 25% 和 27.3%, 相反, 投喂以玉米油和猪油饲料组的亲虾所产虾卵的  $\omega-3$  高度不饱和脂肪酸的总量较低, 分别为 15.3% 和 14.4%, 而 18:1  $\omega-9$  的含量却较高, 分别为 29.1% 和 30.0%, 虾卵的脂肪酸组成模式和相应的饲料的脂肪酸组成模式相似, 由此可见, 饲料的脂肪源对虾卵脂肪的脂肪酸组成模式有明显的影响。

为了探讨和区别饲料中不同脂肪酸对中国对虾繁殖力的不同影响, 将卵脂肪酸组成中的花生四烯酸 (20:4  $\omega-6$ ), EPA (20:5  $\omega-3$ ) 和 DHA (22:6  $\omega-3$ ) 的含量分别对相应的产卵量和卵孵化率进行线性回归分析, 分析结果的相关系数分别为: 花生四烯酸与产卵量  $r^2=0.317$ 、与卵孵化率  $r^2=0.006$ ; EPA 与产卵量  $r^2=0.844$ 、与卵孵化率  $r^2=0.759$ ; DHA 与产卵量  $r^2=0.691$ 、与卵孵化率  $r^2=0.852$ 。从分析结果发现, 卵中的 EPA 含量与产卵量, DHA 含量与卵孵化率的相关系数为最高, 说明 EPA 和 DHA 对中国对虾的繁殖力有密切的关系。

### 3 讨论

Burr 和 Burr [1929] 首次证实了小鼠自身不能合成一种具有特别构象的不饱和脂肪酸, 因而称其在饲料中为必需。自那以后, 人们对许多陆地和水生动物的必需脂肪酸的需要作了大量的研究, 对于水生动物的研究大多集中在幼体的必需脂肪酸需要方面 [Castell 1972; Fujii 和 Yone 1976; Guary 等 1976; Castell 和 Covey 1976; Kanazawa 等 1979; Watanabe 等 1983]。虽然对于亲虾的营养需要方面的知识还很有限 [Harrison 1990], 但已有研究表明对虾

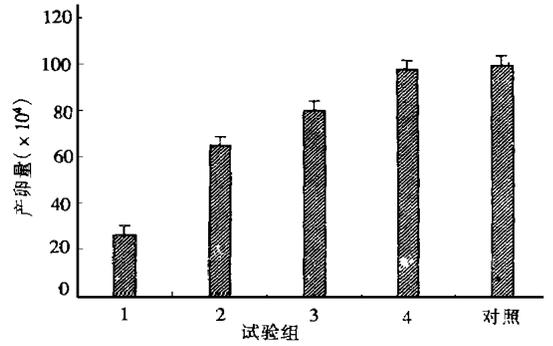


图 1 不同脂肪源对亲虾产卵量的影响

Fig. 1 Effects of dietary lipid on fecundity of Chinese prawn broodstock

1—猪油组; 2—玉米油组; 3—亚麻油组  
4—鱼油组; 对照—蛤肉组

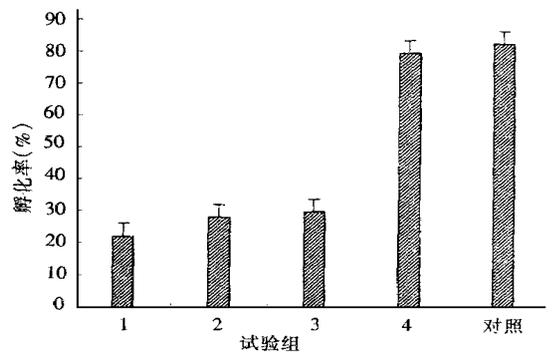


图 2 亲虾饲料的不同脂肪源对卵孵化率的影响

Fig. 2 Effects of dietary lipid on egg hatchability of Chinese prawn broodstock

1—猪油组; 2—玉米油组; 3—亚麻油组  
4—鱼油组; 对照—蛤肉组

的性成熟和产卵是受饲料中脂肪酸类型的影响,如白对虾(*P. setiferus*) [Lawrence 等 1979; Middleditch 等 1980] 和日本对虾(*P. japonicus*) [Teshima 和 Kanazawa 1983; Teshima 等 1988, 1989]。与鱼类一样,大多数虾类能借助脂肪酸合成酶从醋酸盐中合成棕榈酸(16:0),然而,虾类缺乏合成长链  $\omega-3$  系列高度不饱和脂肪酸的能力,因此,必需从饲料中获取 [Kanazawa 1979]。

表 4 饲料中不同脂肪源对虾卵脂肪酸组成的影响(%脂肪酸总和)

Tab. 4 Egg fatty acid compositions of different dietary lipid test groups

脂 肪 酸	猪 油	玉 米 油	亚 麻 油	鱼 油	蛤 肉
C14:0	3.1	2.2	1.7	1.5	1.9
C16:0	21.4	19.7	19.7	16.7	17.1
C16:1 $\omega$ 7	11.7	11.7	17.7	17.8	17.9
C18:0	3.1	3.5	2.4	2.2	2.4
C18:1 $\omega$ 9	30.0	29.1	27.3	25.0	24.2
C18:2 $\omega$ 6	11.4	12.5	3.3	2.4	2.4
C18:3 $\omega$ 3	1.6	1.3	3.8	1.2	1.2
C20:1 $\omega$ 9	3.0	2.6	3.7	3.0	1.0
C20:4 $\omega$ 6	1.9	2.6	2.7	2.6	2.2
C20:5 $\omega$ 3	9.0	9.9	12.1	12.9	14.4
C22:6 $\omega$ 3	3.8	4.1	7.4	14.7	11.2
$\Sigma$ 饱和脂肪酸	27.6	25.4	22.0	20.4	21.4
$\Sigma$ 单烯酸	44.7	43.4	45.7	45.8	43.1
$\Sigma\omega-3$ 高不饱和	14.4	15.3	23.3	28.8	26.8
$\Sigma\omega-6$ 高不饱和	13.3	15.1	6.0	5.0	4.6
$\omega-3/\omega-6$	1.08	1.01	3.88	5.76	5.82
EPA+DHA	12.8	14.0	19.5	27.6	25.6

本试验结果表明,饲料中不同脂类对亲虾的产卵量,卵质以及卵孵化率有明显的影响。从表 3 可见,投喂以猪油为脂肪源的饲料,亲虾正常卵的形成受到阻碍,产卵量很低,并且卵的孵化率亦很低,这可能是由于猪油含有大量的饱和脂肪酸而缺乏长链  $\omega-3$  高度不饱和脂肪酸所致。Middleditch 等[1980] 研究发现,长链不饱和脂肪酸对于对虾属的卵黄合成是必需的。投喂玉米油和亚麻油饲料组的亲虾的产卵量明显高于猪油饲料组的亲虾的产卵量( $P < 0.05$ )。由于玉米油和亚麻油都含有一定数量的  $\omega-3$  和  $\omega-6$  系列多不饱和脂肪酸,部分满足了亲虾正常性成熟和卵生成对  $\omega-3$  和  $\omega-6$  系列不饱和脂肪酸需要的结果。然而该两组亲虾所产卵的孵化率没有显著地提高,这可能是玉米油和亚麻油虽含有相当数量的 18 碳  $\omega-3$  和  $\omega-6$  多不饱和脂肪酸,但缺乏长链多不饱和脂肪酸(20 碳以上),特别是不含有 EPA 和 DHA。当亲虾喂以富含  $\omega-3$  高度不饱和脂肪酸(尤其是 EPA 和 DHA)的 鱼油饲料及蛤肉时,产卵量和孵化率都显著地提高( $P < 0.01$ ),表明了饲料中适量的 EPA 和 DHA 是亲虾正常繁殖所必需,对虾属只有有限的能力对 18 碳脂肪酸进行链增长和增不饱和度而成为 EPA 和 DHA [Kanazawa 等 1979, Teshima 等 1992],因而如饲料中只含 18 碳多不饱和脂肪酸而无 EPA 和 DHA 是不能满足亲虾正常繁殖的需要的,一些研究表明,DHA 对鱼卵的孵化有促进作用,Shimma 等[1977] 发现了当鲤鱼卵中 DHA 的含量少于 10%时,卵的孵化率很低,这一点与本实验的结果相似。Middleditch 等[1980] 提出了在白对虾饲料中若不含 EPA 和 DHA,

亲虾即不产卵, 他们认为长链高度不饱和脂肪酸是对虾属卵黄产生所必需的。

本试验结果表明, 中国对虾亲虾的产卵量与卵中的 EPA 含量有相关性, 而卵中的 DHA 含量与卵的孵化率有相关性, 这说明 EPA 在与亲虾产卵有关的卵巢发育过程中起重要的作用, 而 DHA 在胚胎的发生发育中起某种特别的作用, 而与卵孵化率有关。Suzuki 等[1992] 已经从虹鳟鱼的胚胎中分离和鉴别出两种磷脂酰胆碱分子, 它们起诱导细胞分化的作用, 这两种磷脂酰胆碱分子分别包含了 16:0 加 22:6 $\omega$ 3 和 18:1 $\omega$ 9 加 22:6 $\omega$ 3, 这些学者提出含有 DHA 的脂肪或 DHA 本身在细胞分化和胚胎发育过程中起一种重要的作用。中枢神经系统的产生和发育是所有动物胚胎发育的一个重要组成部分, 一些研究表明,  $\omega$ -3 高度不饱和脂肪酸, 特别是 DHA 在鱼类胚胎发生过程中, 对脑和神经的发育至关重要[ Mourente 和 Tocher 1992; Tocher 等 1992], 哺乳类动物也同样[ Neuringer 等 1986; Kanazawa 等 1991],  $\omega$ -3 高度不饱和脂肪酸也是甲壳类的胚胎发育过程中的重要因素, DHA 在胚胎发育过程中的这两方面的作用有助于解释卵中 DHA 含量与孵化率之间的相关关系。

综上所述, 中国对虾亲虾的产卵, 卵质和饲料中的脂肪酸种类密切相关, 若在饲料中只含有 18 碳  $\omega$ -3 和  $\omega$ -6 多不饱和脂肪酸, 饲喂的亲虾不能维持正常的卵巢发育和产卵量, 也不能保证卵胚胎的正常发育和正常的卵孵化率。中国对虾的 18 碳  $\omega$ -3 不饱和脂肪酸转化成 20 碳至 22 碳高度不饱和脂肪酸的能力非常有限, 因此亲虾饲料中必需含有适量的长链高度不饱和脂肪酸, 特别是 EPA 和 DHA。本实验结果表明, 在亲虾配合饲料中对 EPA 和 DHA 的最低需要量为干饲料的 1.5%, 以保证亲虾正常的产卵和卵质。

国家攀登计划 B 资助项目, 编号: PB6-2-3。

## 参 考 文 献

- Bligh E G, Dyer W J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol*, 37: 911~917.
- Brown A, Mcvey J, Middleditch B S et al. 1980. Preliminary results on the maturation and spawning of *P. stylirostris* under controlled laboratory conditions. *Proc World Maricult Soc*, 11: 463~470.
- Burr G O, Burr M M. 1929. A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *J Biol Chem*, 82: 345~367.
- Castell J D. 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J Nutri*, 102: 77~86.
- Castell J D, Covey J F. 1976. Dietary lipid requirements of adult lobster (*Homarus americanus*). *J Nutri*, 106: 1159~1165.
- Fujii M, Yone Y. 1976. Studies on nutrition of red sea bream. XIII Effect of dietary linoleic acid and n-3 polyunsaturated fatty acids on growth and feed efficiency. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 42: 583~588.
- Guary J C, Kayama M, Murakami Y, et al. 1976. The effect of a fat-free diet and compounded diets supplemented with various oils on moult, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture* 7: 245~254.
- Harrison K E. 1990. The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: A review. *J Shellfish Res*, 9: 1~28.
- Kanazawa A, Teshima S, Ono K. 1979. Relationship between EFA requirement of aquatic animals and capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp Biochem Physiol*, 63B: 295~298.
- Kanazawa A, Miyazawa T, Hirono H, et al. 1991. Possible essentiality of docosahexaenoic acid in Japanese monkey neonates: Occurrence in colostrum and low biosynthetic capacity in neonate brains. *Lipids* 26: 53~57.
- Lawrence A L, Ward D, Missler S, et al. 1979. Organ indices and biochemical levels of ova from penaeid shrimp maintained

- in captivity versus those captured in the wild. *Proc World Maricult Soc* 10; 453 ~ 463.
- Maeda Y. 1987. Sample analysis method for fatty acids in food samples. *J Food Hygiene Soc Jap*, 28(5); 384 ~ 389.
- Middleditch B S, Missler S R, Hines H B, et al. 1980. Metabolic profiles of penaeid shrimp: Dietary lipids and ovarian maturation. *J Chromatog*, 195; 359 ~ 368.
- Mourente G, Tocher D R. 1992. Effects of weaning onto a pelleted diet on docosahexaenoic acid(22:6n-3) levels in brain of developing turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 105; 363 ~ 377.
- Neuringer M, Connor W E, Lin D S, et al. 1986. Biochemical and functional effects of parental and postnatal omega-3 fatty acid deficiency on retina and brain in rhesus monkeys. *Proc Natl Acad Sci USA*, 83; 4021 ~ 4025.
- Shimma Y, Suzuki R, Yamaguchi M, et al. 1977. On the lipids of adult carp raised on fish meal and SCP feeds, and hatchability of their eggs. *Bull Freshw Fish Res Lab*, 27; 35 ~ 48.
- Suzuki M, Asahi K, Losno K, et al. 1992. Differentiation inducing phosphatidylcholine from the embryos of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): Isolation and structural elucidation. *Develop Growth Differ*, 34; 301 ~ 307.
- Teshima S, Kanazawa A, Horinouchi K, et al. 1988. Lipid metabolism in destalked prawn *P. japonicus*; induced maturation and transfer of lipid reserves to the ovaries. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54; 1115 ~ 1122.
- Teshima S, Kanazawa A, Koshio S, et al. 1989. Lipid metabolism of the prawn, *Penaeus japonicus* during maturation: Variation in lipid profiles of the ovary and hepatopancreas. *Comp Biochem Physiol*, B92; 45 ~ 50.
- Teshima S, Kanazawa A, Koshio S. 1992. Ability for bioconversion of n-3 fatty acids in fish and crustaceans. In: Fauconneau B and Takashima F (Editors), *Growth Determinants in Aquaculture*. *Oceanis*, 18; 67 ~ 75.
- Tocher D R, Mourente G, Sargent J R. 1992. Metabolism of [1-14c] docosahexaenoate(22:6n-3), [1-14c] eicosapentanoate(20:5n-3) and [1-14c] linolenate(18:3n-3) in brain cells from juvenile turbot *Scophthalmus maximus*. *Lipids*, 27; 494 ~ 499.
- Watanabe T, Tamiya T, Oka A, et al. 1983. Improvements dietary of values of live foods for fish larvae by feeding them on n-3 highly unsaturated fatty acids and fat-soluble vitamins. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 49; 471 ~ 479.

## EFFECTS OF HIGHLY UNSATURATED FATTY ACIDS IN BROODSTOCK DIETS ON SPAWNING AND EGG QUALITY OF *PENAEUS CHINENSIS*

JI Wen-Juan

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Qingdao 266071)

**ABSTRACT** A feeding experiment was conducted to determine the effect of highly unsaturated fatty acids (HUFA) level in broodstock diet on spawning and egg quality of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*). The effects of feeding four semi-purified diets containing different lipid sources of different fatty acid profile (anchovy oil, linseed oil, corn oil and pork lard) on fecundity, egg hatchability and egg fatty acid compositions of Chinese prawn broodstock were compared with a fresh clam diet in a 60-day feeding trial. Good correlation between EPA content of egg lipid and egg productivity, and between DHA content of egg lipid and egg hatchability were observed. It suggests that EPA and DHA take important roles in reproduction of Chinese prawn and that 1.5% EPA and DHA content was recommended as a minimum level in broodstock diet.

**KEYWORDS** Highly unsaturated fatty acid, *Penaeus chinensis*, Spawning, Egg quality