

中华绒螯蟹受精卵、流产卵氨基酸及脂肪酸组成的比较研究

应雪萍¹ 罗媛媛² 张永普¹

(1. 温州师范学院生命与环境科学学院, 温州 325027; 2. 中国计量学院生命科学学院, 杭州 310012)

摘要:采用气相色谱仪和氨基酸分析仪测定中华绒螯蟹不同种群(太湖种群和温州种群)受精卵和温州种群流产卵脂肪酸及氨基酸的组成。结果表明,中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵和温州种群流产卵在必需氨基酸和半必需氨基酸的含量上无显著差异,而谷氨酸(Glu)、胱氨酸(Cys)和丝氨酸(Ser)三种非必需氨基酸的含量差异显著。太湖种群受精卵、温州种群受精卵及温州种群流产卵的脂肪酸种类分别为16、13和14种。饱和脂肪酸(SFA)占脂肪酸总量的18.96%—23.09%,单烯酸(MUFA)占51.76%—62.65%,多不饱和脂肪酸(PUFA)占14.27%—28.96%,其中最主要的脂肪酸为C16:0、C16:1和C18:1。除C20:1外,其他脂肪酸含量在三者之间都有显著差异。太湖种群受精卵的C18:2、C18:3显著高于温州种群受精卵,而温州种群流产卵的DHA要显著高于太湖种群受精卵。温州种群受精卵和流产卵在C16以下的脂肪酸,其含量均无显著差异。此外,本文还讨论了脂肪酸及氨基酸含量与流产的关系及脂肪酸组成对出苗率的影响。

关键词: 中华绒螯蟹; 脂肪酸; 氨基酸; 受精卵; 流产卵

中图分类号: Q959 文献标识码: A 文章编号: 1009-3207(2004)04-0402-07

随着虾蟹养殖业的迅速发展,对养殖虾蟹营养成分的研究也显得越来越重要,脂类和蛋白质是组成虾蟹营养成分的主要物质。脂类在十足类甲壳动物的生化代谢和生殖过程中有非常重要的作用^[1],而蛋白质中氨基酸的组成和含量是其味道鲜美和营养价值的决定因素^[2-3],对其生殖发育也有举足轻重的作用。中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)具有较高的营养价值,为我国主要的养殖蟹类,国内已见其营养成分研究的相关报道^[4-5],但尚未对中华绒螯蟹受精卵和流产卵营养成分进行研究。

中华绒螯蟹作为重要的养殖蟹类,如何提高其育苗率就显得非常重要,目前对中华绒螯蟹育苗率的研究较多,但大都集中在育苗环境的研究上^[6-8]。在河蟹育苗生产中往往出现大面积的流产,国外有关虾蟹流产的机理已有较多的研究,但仍在争论之中^[9-11];国内这方面的研究起步较晚,杨万喜等^[12]从卵柄和卵索的形态和作用来研究日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)胚胎的附着情况,并认为粘液腺与卵柄、卵索的形成相关,从而影响胚胎的附着。

杨万喜等^[13]还研究了中华绒螯蟹雌体腹肢外骨骼结构以及粘液腺的分布;康现江等^[14]研究了锯缘青蟹(*Scylla serrata*)卵膜变化与卵子附着的关系。除此之外,国内无虾蟹流产机理的深入报道。本文选择了中华绒螯蟹高育苗率的太湖种群受精卵、低育苗率的温州种群受精卵和温州种群流产卵,对其脂肪酸和氨基酸的组成进行比较分析,旨在研究卵内脂肪酸和氨基酸的组成及含量与流产间的关系,为阐明蟹类流产机理提供基本的生物学资料。

1 材料和方法

1.1 实验动物 2001年12月从温州乐清市清江养殖场取中华绒螯蟹温州种群抱卵蟹60只,2002年1月从温州乐清市南塘养殖场取太湖种群抱卵蟹(亲蟹来自江苏)60只,带回实验室,置于装有新鲜海水(缓慢升温并恒温至18℃)的玻璃缸中(55×50×40cm),每缸20只,24h充氧,饲喂新鲜的缢蛏。在实验室暂养3d后,取处于囊胚至原肠胚期的胚胎^[8],每5只抱卵蟹为一组,共9组。于2002年1

收稿日期: 2003-07-25; 修订日期: 2004-03-20

基金项目: 浙江省自然科学基金资助(398081); 温州市科委基金资助(N2000A26)

作者简介: 应雪萍(1966—),女,浙江省乐清市人;副教授,硕士;从事海洋生物营养与生殖生物学研究, E-mail: xpying2000@tom.com

月又从温州乐清市清江养殖场购得温州种群抱卵蟹 100 只, 在实验室中用恒温至 18℃ 的新鲜海水暂养 3d 后, 再升温刺激, 改变养殖水温和养殖环境, 促使亲蟹流产, 用滤网过滤取其流产卵, 共 9 组。

1.2 水分测定 取中华绒螯蟹太湖种群、温州种群的新鲜受精卵和温州种群的流产卵, 在 60℃ 恒温干燥箱中烘干 24h 以上至恒重, 测定水分含量。

1.3 脂肪酸分析 在 Shimadzu GC-9A 型气相色谱仪上测定, 配有 G-R2Ax 色谱数据微机记录仪。

分流进样系统; 载气为 N₂, 线速为 20mL/min, H₂: 0.8kg/cm², 空气: 0.8kg/cm²; 分析柱: 直径为 0.25mm 的 PEG-20M 石英毛细管柱, 长 25m; 检测器及进样口温度为 260℃; 柱温采用程序升温法, 最高升温为 230℃; 检测器为氢火焰离子检测器 FID。

脂肪酸甲酯制备: 氢氧化钾-甲醇高温酯化法, 即提取的脂肪用 1:1 的苯: 石油醚溶解, 再用 0.4mol/dm³ 氢氧化钾-甲醇溶液酯化。

脂肪酸定性分析: 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。

1.4 氨基酸分析 贝克曼 System 6300 氨基酸自动分析仪、岛津 LC-4A 高效液相色谱仪(HPLC)。

中华绒螯蟹受精卵和流产卵蛋白质中的氨基酸用盐酸水解法水解, 即取蟹卵干样 50mg 于试管中, 加 6mol/L HCl10mL, 抽真空封管, 置于 110℃ 烘箱中水解 24h。取出后过滤, 定容至 50mL。取 0.5mL 真空干燥, 加 1mL 上机液后, 用氨基酸分析仪上机分析。

Zorbax-ODS C₁₈ (0.25m × Φ4.6mm) 分析柱, 流动相 5mmol/L 高氯酸和甲醇(92+8), 荧光检测器。

1.5 数据处理 用方差分析(ANOVA) 和 Tukey' s 多重比较检验等处理和比较相应的数据, 所用软件为 Statistic 统计软件包, n=9。文中描述性统计值用

平均值 ± 标准误差表示, 显著性水平设置为 α=0.05。

2 结果

2.1 中华绒螯蟹不同种群受精卵与流产卵的水分含量

取中华绒螯蟹太湖种群、温州种群的新鲜受精卵和温州种群的流产卵, 在 60℃ 下烘干 24h 以上至恒重后测定水分, 太湖种群受精卵含水量为 25.82%, 温州种群受精卵含水量为 16.24%, 温州种群流产卵为 26.88%, 即含水量为: 温州种群流产卵> 太湖种群受精卵> 温州种群受精卵。

2.2 中华绒螯蟹不同种群受精卵与流产卵的氨基酸组成

2.2.1 必需氨基酸 在必需氨基酸中, 苯丙氨酸和亮氨酸的含量较高, 蛋氨酸和异亮氨酸的含量相对较低(表 1)。除温州种群受精卵与流产卵在缬氨酸的含量上有差异外, 其他必需氨基酸的含量在太湖种群受精卵、温州种群受精卵和流产卵中无显著差异。

2.2.2 半必需氨基酸 中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵和流产卵在半必需氨基酸含量上也无显著差异。两种半必需氨基酸中, 精氨酸的含量较高, 约为组氨酸的 2.3 倍(表 1)。

2.2.3 非必需氨基酸 中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵和流产卵在丝氨酸、谷氨酸和胱氨酸的含量上差异显著。温州种群受精卵的谷氨酸含量低于温州种群流产卵及太湖种群受精卵; 太湖种群受精卵中胱氨酸含量低于温州种群流产卵, 而胱氨酸在温州种群受精卵中检测不到; 此外, 温州种群受精卵的丝氨酸含量低于温州种群流产卵。其他非必需氨基酸的含量在三种卵之间无显著差异。

表1 中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵和温州种群流产卵的氨基酸比较

Tab 1 Comparison of amino acid composition of *E. sinensis* among fertilized eggs of Taihu population and Wenzhou population, and lost eggs of Wenzhou population

氨基酸		太湖种群受精卵	温州种群受精卵	温州种群流产卵
Amino acid		Fertilized eggs of Taihu	Fertilized eggs of Wenzhou	Lost eggs of Wenzhou
		population	population	population
必需氨基酸	苏氨酸 Thr	2.16±0.09(2.02~2.32)	2.32±0.13(2.07~2.52)	2.37±0.09(2.20~2.46)
	缬氨酸 Val	3.23±0.04 ^{ab} (3.15~3.29)	3.05±0.09(2.92~3.22)	3.37±0.04 ^a (3.30~3.45)
	蛋氨酸 Met	1.79±0.04(1.71~1.84)	1.78±0.04(1.17~1.84)	1.78±0.01(1.76~1.81)
	异亮氨酸 Ile	1.83±0.02(1.79~1.85)	2.07±0.27(1.08~2.61)	1.87±0.03(1.82~1.91)

续表

氨基酸		太湖种群受精卵	温州种群受精卵	温州种群流产卵
Amino acid		Fertilized egg of Taihu	Fertilized eggs of Wenzhou	Lost eggs of Wenzhou
		population	population	population
必需氨基酸	亮氨酸 Leu	4.84±0.06(4.73~4.90)	4.38±0.44(3.49~4.83)	4.95±0.07(4.81~5.04)
	苯丙氨酸 Phe	4.88±0.07(4.79~5.01)	3.13±0.83(2.24~4.78)	5.08±0.05(5.00~5.17)
	赖氨酸 Lys	3.18±0.04(3.11~3.25)	3.17±0.13(2.92~3.34)	3.47±0.06(3.37~3.58)
半必需氨基酸	精氨酸 Arg	3.43±0.06(3.34~3.54)	3.27±0.03(3.23~3.33)	3.37±0.08(3.23~3.49)
	组氨酸 His	1.52±0.11(1.38~1.74)	1.39±0.04(1.32~1.46)	1.43±0.02(1.40~1.46)
非必需氨基酸	天门冬氨酸 Asp	4.41±0.07(4.28~4.52)	4.03±0.16(3.76~4.30)	4.41±0.09(4.24~4.56)
	丝氨酸 Ser	1.85±0.03 ^b (1.79~1.89)	1.75±0.06 ^b (1.63~1.84)	2.08±0.05 ^a (1.99~2.17)
	谷氨酸 Glu	6.15±0.09 ^{ab} (5.99~6.30)	5.54±0.27 ^b (5.25~6.07)	6.37±0.04 ^a (6.29~0.44)
	脯氨酸 Pro	1.34±0.07(1.26~1.50)	1.84±0.23(1.42~2.23)	1.62±0.23(1.37~2.08)
	甘氨酸 Gly	2.38±0.47(2.32~2.47)	2.08±0.12(1.85~2.22)	2.28±0.06(2.18~2.39)
	丙氨酸 Ala	2.56±0.03(2.50~2.61)	2.32±0.11(2.17~2.53)	2.59±0.03(2.56~2.66)
	胱氨酸 Cys	0.13±0.01 ^b (0.12~0.14)	—	0.18±0.01 ^a (0.17~0.20)
	酪氨酸 Tyr	1.98±0.11(1.85~2.19)	1.98±0.14(1.79~2.25)	2.03±0.02(1.99~2.07)

注：每一种群的样本数 Number of samples 为 9 组，表中上标没有相同字母的表示有显著差异 ($P < 0.05$) (Within a row, figures with different superscript are significantly different at $P < 0.05$)。

2.3 中华绒螯蟹不同种群受精卵与流产卵的脂肪酸组成

中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵及流产卵中的脂肪酸种类组成有一定的差异(表 2)，太湖种群受精卵中含有 16 种脂肪酸，温州种群受精卵中含有 13 种脂肪酸，未检测到 C16: 2、C20: 2 和 C20: 4，温州种群流产卵中含有 14 种脂肪酸，缺 C20: 2 和 C20: 4。在这 16 种脂肪酸中，3 种为饱和脂肪酸，13 种为不饱和脂肪酸。饱和脂肪酸(SFA)、单烯酸(MUFA)、多不饱和脂肪酸(PUFA)及 EPA+DHA 的含量在三种卵中差异显著。太湖种群受精卵、温州种群受精卵和温州种群流产卵脂肪酸中，饱和脂肪酸(SFA)均以 C16: 0 的含量最高，可达

14.97%—18.59%；单烯酸(MUFA)以 C18: 1 的含量最高，达 37.98%—41.26%；而多不饱和脂肪酸(PUFA)含量在太湖种群受精卵中以 C18: 2 最高，为 12.16%，但在温州种群受精卵和流产卵中却以 C22: 6 最高，分别为 3.83% 和 6.97%。MUFA 在太湖种群受精卵、温州种群受精卵及流产卵脂肪酸中所占的比例最高，均大于 50%；太湖种群受精卵中 SFA 所占的比例最低，温州种群受精卵中却以 PUFA 的比例最低，而温州种群流产卵中的 SFA 和 PUFA 占脂肪酸总量的比例基本相等；EPA+DHA 的含量以温州种群流产卵最高，温州种群受精卵次之，太湖种群受精卵最少。

除 C20: 1 外，其他脂肪酸含量在中华绒螯蟹太

表 2 中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵和温州种群流产卵的脂肪酸比较
Tab 2 Comparison of fatty acid composition of *E. sinensis* among fertilized eggs of Taihu population and Wenzhou population, and lost eggs of Wenzhou population

脂肪酸	太湖种群受精卵	温州种群受精卵	温州种群流产卵
Fatty acid	Fertilized eggs of Taihu population	Fertilized eggs of Wenzhou population	Lost eggs of Wenzhou population
C14: 0	0.70±0.01 ^b (0.68~0.73)	0.97±0.04 ^a (0.89~1.02)	1.01±0.08 ^a (0.86~1.10)
C14: 2	0.09±0.08 ^b (0.01~0.26)	0.55±0.01 ^a (0.54~0.56)	0.46±0.01 ^a (0.45~0.48)
C16: 0	14.97±0.17 ^b (14.66~15.25)	18.59±0.06 ^b (18.48~18.70)	16.64±0.30 ^a (16.07~17.10)

续表

脂肪酸	太湖种群受精卵	温州种群受精卵	温州种群流产卵
Fatty acid	Fertilized eggs of Taihu population	Fertilized eggs of Wenzhou population	Lost eggs of Wenzhou population
C16 1	12. 07±0. 23 ^b (121 28~ 131 07)	20. 28±0. 06 ^c (201 17~ 201 36)	171 35±0. 0135 ^a (161 70~ 171 88)
C16 2	0. 38±0. 0101 ^b (01 37~ 0. 38)	)	01 44±0. 01 ^a (01 43~ 0. 45)
C16 3	01 70±0. 0101 ^b (01 69~ 0. 71)	11 24±0. 01 01 ^a (11 23~ 11 24)	11 22±0. 04 ^a (11 16~ 11 29)
C18 0	31 29±0. 0102 ^b (31 26~ 31 33)	31 53±0. 01 01 ^a (31 51~ 31 54)	31 37±0. 04 ^b (31 32~ 31 45)
C18 1	371 98±0. 16 ^b (371 74~ 381 29)	411 26±0. 0103 ^a (411 22~ 411 33)	381 17±0. 0132 ^b (371 72~ 381 78)
C18 2	121 16±0. 05 ^a (121 11~ 121 26)	31 02±0. 01 01 ^a (31 01~ 31 02)	41 17±0. 03 ^b (41 12~ 41 23)
C18 3	51 78±0. 0102 ^a (51 73~ 51 80)	11 66±0. 01 00 ^a (11 66~ 11 66)	21 10±0. 02 ^b (21 07~ 21 13)
C20 1	11 08±0. 0102(11 04~ 11 11)	11 11±0. 01 01(11 10~ 11 11)	11 17±0. 02(11 14~ 11 20)
C20 2	01 83±0. 0101(01 81~ 0. 85)	)	)
C20 3	21 41±0. 0103 ^a (21 36~ 21 45)	11 12±0. 01 01 ^a (11 10~ 11 13)	11 65±0. 03 ^b (11 61~ 11 70)
C20 4	01 53±0. 0101(01 52~ 0. 54)	)	)
C20 5	41 33±0. 0105 ^b (41 23~ 41 40)	21 85±0. 01 02 ^a (21 82~ 21 89)	41 76±0. 01 10 ^a (41 61~ 41 95)
C22 6	11 76±0. 0102 ^a (11 73~ 11 80)	31 83±0. 01 01 ^b (31 82~ 31 83)	61 97±0. 01 14 ^a (61 73~ 71 22)
SFA	181 96±0. 16 ^a (181 67~ 191 24)	231 09±0. 0103 ^a (231 03~ 231 13)	211 02±0. 0133 ^b (201 38~ 211 49)
MUFA	511 76±0. 05 ^a (511 68~ 511 85)	621 65±0. 0103 ^a (621 60~ 621 69)	561 69±0. 0103 ^b (561 64~ 561 74)
PUFA	281 96±0. 12 ^a (281 80~ 291 19)	141 27±0. 0104 ^a (141 21~ 141 34)	211 77±0. 0134 ^b (211 26~ 221 42)
EPA+ DHA	61 09±0. 0107 ^b (51 96~ 61 20)	61 68±0. 01 02 ^b (61 65~ 61 72)	111 73±0. 0124 ^a (111 34~ 121 17)
SFA/UFA	01 23±0. 0101 ^a (01 23~ 01 24)	01 30±0. 01 01 ^a (01 29~ 01 30)	01 27±0. 01 01 ^b (01 26~ 01 28)
X ₃ /X ₆	01 93±0. 0101 ^a (01 93~ 01 94)	21 76±0. 01 01 ^b (21 75~ 21 77)	31 32±0. 01 04 ^a (31 25~ 31 38)

注: 每一种群的样本数Number of samples 为 9 组, 表中上标没有相同字母的表示有显著差异($P<0.05$), (Within a row, figures with different subscript are significantly different at $P<0.05$)。

湖种群受精卵、温州种群受精卵和温州种群流产卵之间都有显著差异(表 2)。太湖种群受精卵的 C18B2 要显著高于温州种群受精卵, 高达 410 倍, 而且其 C18B3 的含量也约是温州种群受精卵的 315 倍。太湖种群受精卵的长链不饱和脂肪酸 C20B3、C20B5 也高于温州种群受精卵, 且含有 C20B2 和 C20B4。温州种群受精卵和流产卵在 16C 以下的脂肪酸均无显著差异, 但 18C 以上的脂肪酸差异显著。最明显的变化为温州种群流产卵的 DHA 含量明显大于太湖种群受精卵和温州种群受精卵。

3 讨论

3.1 氨基酸

在中华绒螯蟹营养需求中, 蛋白质是其中的主要成分, 而蛋白质的营养价值又取决于蛋白质自身

的氨基酸组成, 特别是必需氨基酸的组成与含量。中华绒螯蟹受精卵的 17 种氨基酸组成中, 非必需氨基酸以谷氨酸的含量最大, 天门冬氨酸次之, 胱氨酸的含量最少, 这与王冀平等^[15]对浙江常见海水鱼卵中氨基酸成分分析的结果基本一致。必需氨基酸及半必需氨基酸中分别以亮氨酸和精氨酸为最高, 这与潘鲁青等对中华绒螯蟹幼体氨基酸组成的研究结果一致^[3], 也说明中华绒螯蟹在胚胎发育及幼体阶段的氨基酸组成模式基本不变。谷氨酸和天门冬氨酸在中华绒螯蟹受精卵中含量较高, 这两种氨基酸不仅使蟹卵具有鲜美的口感, 更重要的是它们能促进脑细胞进行呼吸, 有利于脑组织内氨的排除, 减少毒物对大脑的损害, 使蟹卵有可能成为一种健脑佳品。中华绒螯蟹太湖种群受精卵和温州种群受精卵在氨基酸的组成上无显著差异, 由此可以说明这两

种卵中蛋白质的营养价值相当,也说明太湖蟹之所有具有较高的育苗率,与氨基酸成分的组成并无太大的关系。温州种群受精卵和流产卵部分氨基酸的含量却差异显著,流产卵的缬氨酸、丝氨酸、胱氨酸和谷氨酸的含量要略高于受精卵的含量,可能是在升高温度促使亲蟹流产时,受精卵中某些氨基酸的含量发生了变化。姚翠鸾等^[16]也认为,外界因素如金属离子、盐度、温度、饥饿等都会使虾体内氨基酸的含量发生变化。至于受精卵中缬氨酸、丝氨酸、胱氨酸和谷氨酸四种氨基酸含量的升高,是否会导致胚胎流产有待于进一步研究。

312 中华绒螯蟹卵与其他甲壳动物卵中脂肪酸组成的比较

中华绒螯蟹卵中含有 16 种脂肪酸,其中 3 种饱和脂肪酸,13 种不饱和脂肪酸。在饱和脂肪酸中以 C16B0 为主,C18B0 次之,C14B0 最少;而不饱和脂肪酸以 C18B1 为主,C16B1 次之,这与锯缘青蟹卵裂期胚胎的脂肪酸组成相似^[17]。此外,中华绒螯蟹卵中不含有奇数碳脂肪酸和中短链脂肪酸,全部为偶数碳脂肪酸和长链脂肪酸[短链(2) 4C),中链(6) 10C),长链(12) 26C)^[18]],这与中华绒螯蟹肝胰腺及卵巢中的脂肪酸^[4) 5]组成有所差异,也说明脂肪酸的组成具有组织特异性。Teshima 等^[19]和季文娟^[20]分别对日本对虾(*Penaeus japonicus*)和中国对虾(*P. chinensis*)幼体发育过程中脂肪酸变化的研究,发现两者卵中占主要比例的脂肪酸为棕榈酸(C16B0)、棕榈油酸(C16B1)、油酸(C18B1)、EPA 和 DHA。从 Ward 等对白对虾(*P. setiferus*)幼体的脂肪酸组成研究可知,白对虾卵中占主要比例的脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、油酸、花生四烯酸(C20B4)和 DHA^[21]。中华绒螯蟹卵中占主要比例的脂肪酸为棕榈酸、棕榈油酸、油酸、亚油酸(C18B2)和 EPA,DHA 的含量较少。由此可见,棕榈酸、棕榈油酸和油酸是虾、蟹卵中的主要脂肪酸,而其他成分有较大的差异,特别是蟹卵中 DHA 和 EPA 的含量比虾卵中少,而亚油酸和亚麻酸的含量明显高于虾卵^[19) 20],这可能是虾和蟹在养殖过程中的饵料及生存环境不同所致,也可能是亚油酸或亚麻酸在虾和蟹卵内转化为 DHA 和 EPA 的机制有别。

313 中华绒螯蟹受精卵脂肪酸组成对出苗率的影响

中华绒螯蟹太湖种群受精卵、温州种群受精卵及温州种群流产卵脂肪酸的组成与含量都存在显著的差异,SFA、MUFA、PUFA、SFA/UFA 及 X₃/X₆ 的值也差异显著(表 2)。由此可见,中华绒螯蟹卵中脂

肪酸的组成和含量可能与其出苗率的高低有一定影响。Lytle 认为 EPA、DHA、C20B4、C18B2 和 C18B3 是虾、蟹等的必需脂肪酸,它们对卵子的受精和孵化,幼体存活、生长和变态,以及维持成体正常生长和繁殖等均有重要的营养作用^[22]。一旦虾、蟹消耗了原来体内存储的量而又不能从外界摄取这些脂肪酸,与此相关的许多重要的生理和生化过程将被抑制,最终导致死亡。本实验结果表明,中华绒螯蟹太湖种群受精卵中必需脂肪酸的比例显著高于温州种群受精卵和流产卵,必需脂肪酸中的 X₃/X₆ 在这三种卵中也都有显著差异,太湖种群受精卵的 X₃/X₆ 值最低,而温州种群的流产卵最高,其中差异极显著的为 C18B2、C18B3 及 DHA。太湖种群受精卵中 C18B2、C18B3 的含量差不多是温州种群受精卵的 4 倍,也约是温州种群流产卵的 3 倍,流产卵中 DHA 的含量却约是太湖种群受精卵中的 4 倍。亚油酸(C18B2)是细胞的组成成分,特别是参与线粒体及细胞膜磷脂的合成,亚油酸缺乏可导致细胞膜结构、功能改变,膜透性、脆性增加^[23]。在虾蟹类,亚油酸缺乏可能会导致受精卵的膜结构发生改变,脆性增强,直接影响细胞膜的流动性和通透性,从而产生畸形的卵膜和卵柄,使胚胎不能附着在雌蟹腹肢,造成流产。故作者认为必需脂肪酸确与受精卵的发育有关,并推测 C18B2 和 C18B3 可能与太湖种群高育苗率有着密切的关系。

Kanazawa 等^[24]对日本对虾幼体的研究发现,X23 等必需脂肪酸对对虾幼体的发育和存活有直接的影响,并指出 X23 比 X26 系列的不饱和脂肪酸更能有效地促进幼体的生长与发育。C18B2、C18B3 可促进对虾的生长,而 DHA 具有比 C18B2、C18B3 更强的促生长效果,具有最高的营养价值。但本实验发现中华绒螯蟹温州种群流产卵的 X₃/X₆ 值和 DHA 含量均最高,而高育苗率的太湖种群受精卵中 X₃/X₆ 的值及 DHA 含量却最低,这可能由于流产个体受较强的温度刺激,不利于 DHA 营养的吸收和利用,也可能是 X26 类高度不饱和脂肪酸(亚油酸)能抵消 X23(DHA)的生理效应,以及花生四烯酸(C20B4)在许多方面会与 DHA 和 EPA 发生竞争,故太湖种群受精卵中 DHA 含量最少。也说明 X26 类高度不饱和脂肪酸可能更有利于中华绒螯蟹胚胎的附着和存活,提高育苗率,而 X23 类高度不饱和脂肪酸可能更有利于胚胎以后的生长与发育。至于胚胎在以后的发育过程中其必需脂肪酸的含量及 X₃/X₆ 值是否发生变化,以及中华绒螯蟹温州种群受精卵中 PUFA

的含量低于流产卵的原因,都有待于进一步研究。

参考文献:

[1] Lautier J, Lagarrigue J G. Lipid metabolism of the crab *Pachygrapsus marmoratus* during vitellogenesis[J]. *Biochem. Syst. and Ecology*, 1998, **16**(203): 212

[2] Wang S Y, Chen H. Detemination of amino acids in different part of *Eriocheir sinensis* [J]. *Amino acids & Biotic Resources*, 1999, **21**(2): 35) 36. [王树英,陈辉 1 中华绒螯蟹不同部位氨基酸的测定与分析. 氨基酸和生物资源, 1999, **21**(2): 35) 36]

[3] Pan L Q, Wang K X. Studies on digestive enzyme activities and amino acid in the Larvae of *Eriocheir sinensis* [J]. *Journal of Fishery Sci2ences of China*, 1997, **4**(2): 12) 20. [潘鲁青, 王克行 1 中华绒螯蟹幼体消化酶活力与氨基酸组成的研究 1 中国水产科学, 1997, **4**(2): 13) 20]

[4] Cheng Y X, Du N S, Lai W. Lipid composition in hepatopancreas of Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* at different stages[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1988, **44**(4): 420) 429. [成永旭, 堵南山, 赖伟 1 不同阶段中华绒螯蟹肝胰腺的脂类及脂肪酸组成. 动物学报, 1998, **44**(4): 420) 429]

[5] Cheng Y X, Du N S, Lai W. The lipid accumulations during the stages of the ovarian fast maturation and their effect on the spawning of *Eriocheir sinensis*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2000, **24**(2): 113) 118. [成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹卵巢快速发育期内脂类积累以及对抱卵的影响. 水产学报, 2000, **24**(2): 113) 118]

[6] Zhu J, Chen W, Zhang D N, *et al.* Breeding mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in hot weather [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, **24**(6): 663) 665. [朱钧, 陈薇, 张道南等. 高温季节中华绒螯蟹的人工育苗. 水生生物学报, 2000, **24**(6): 663) 665]

[7] Zang W L, Jiang M, Dai X L, *et al.* Effects of Mg^{2+} , Ca^{2+} and Mg^{2+} / Ca^{2+} contents on survival rates of *Eriocheir sinensis* larvar reared in mixed water[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1998, **22**(2): 111) 115. [臧维玲, 江敏, 戴习林等. 中华绒螯蟹育苗水中 Mg^{2+} 与 Ca^{2+} 含量及 Mg^{2+} / Ca^{2+} 对出苗率的影响. 水产学报, 1998, **22**(2): 111) 115]

[8] Zhao Y L, Du N S, Lai W. Effects of different gradient temperature on embryonic development of the Chinese mitten2handed crab, *Eriocheir sinensis*[J]. *Zoological Research*, 1993, **14**(1): 49) 53. [赵云龙, 堵南山, 赖伟. 不同水温对中华绒螯蟹胚胎发育的影响. 动物学研究, 1993, **14**(1): 49) 53]

[9] Talbot P, Zao P. Secretion at molting by the pleopod tegumental glands of the lobster *Homarus americanus*(Milne Edwards)[J]. *Journal of Crustacean Biology*, 1991, **11**(1): 1) 9

[10] Saigusa M. A substance inducing the loss of premature embryos from ovigerous crabs[J]. *Boil Bull*. 1994, **186**(1)B81) 89

[11] Saigusa M, Terajima M, Yamamoto M. Structure, formati2on, mechanical properties, and disposal of the embryo attachment system of an es2tuarine crab, *Sesama haematocheir* [J]. *Biol. Bull.*, 2002, **203**: 289) 306

[12] Yang W X, Du N S, Lai W. Studies on the mechanism of egg attach2ment in *Macrobrachium nipponense* I. Scanning electron microscopy observation of egg membranes and egg attachment [J] *Journal of Hebei University (Natural Science)*, 1996, **16**(4): 34) 40. [杨万喜, 堵南山, 赖伟. 日本沼虾卵子附着 机制研究 1. 卵膜及卵子附着的扫描电镜观察. 河北大学学报(自然科学报), 1996, **16**(4): 34) 40]

[13] Yang W X, Zhou H. Primart study on the histology of exoskeleton of female pleopod in *Eriocheir sinensis* [J]. *Donghai Marine Science*, 2000, **18**(3)B29) 33. [杨万喜, 周宏. 中华绒螯蟹雌体腹肢外骨骼组织学初步研究. 东海海洋, 2000, **18**(3)B29) 33]

[14] Kang X J, Li S J, Wang G Z, *et al.* Studies on the egg membrane variation and egg attachment in *Scylla serrata* [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2000, **24**(6)B500) 503. [康现江, 李少菁, 王桂忠等. 锯缘青蟹卵膜变化与卵子附着研究. 水产学报, 2000, **24**(6): 500) 503]

[15] Wang J P, Du H G, Li Y K, *et al.* Analysis on amino acids in roe of some common sea fishes in Zhejiang [J]. *Paat (Part B: Chemical analysis)*, 2001, **37**: 35) 36. [王冀平, 杜汉根, 李玉葵, 等. 浙江省常见海水鱼鱼卵中氨基酸成分分析[J]. 理化检验) 化学分册, 2001, **37**(增刊): 35) 36]

[16] Yao C L, Wang W N, Wang A L. Advance in the research on the in2fluence of amino acid content variations in the body of Shrimps[J]. *Marine Sciences*, 2000, **24**(9): 39) 42 [姚翠鸾, 王维娜, 王安利. 虾体内氨基酸含量变化及其影响因素的研究进展[J]. 海洋科学, 2000, **24**(9): 39) 42]

[17] Cheng Y X, Li S J, Wang G Z. Changes in lipid class and fatty acid compositions in the ovaries and hepatopancreas of the mud crab *Scylla serrata* during the vitellogenesis of the second ovarian maturation[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2001, **22**(3): 66) 77. [成永旭, 李少菁, 王桂忠, 等. 锯缘青蟹卵黄发生期卵巢和肝胰腺脂类的变化. 海洋学报, 2001, **22**(3): 66) 77]

[18] Gu T JI Biochemistry [M]. 4th EDI, Beijing: People Hygienic Press, 1995, 133. [顾天爵. 生物化学(第4版). 北京: 人民卫生出版社, 1995, 136]

[19] Teshima S, Kanazawa A. Variation in lipid compositions during the larval development of the prawn (*Penaeus japonicus*) [J]. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, 1982, **31**: 205) 212

[20] Ji W J. Fatty acid changes during larval development of *Penaeus chi2nensis* [J]. *Journal of Fishery Sci2ences of China*, 1996, **3**(4): 28) 34. [季文娟. 中国对虾幼体发育各阶段脂肪酸组成的研究. 中国水产科学, 1996, **3**(4): 28) 34]

[21] Ward G D, Middle ditch 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

[22] Lytle J S. Polyunsaturated fatty acid profiles as a comparative tool in assessing maturation diets of *Penaeus vannamei* [J]. *Aquacult*, 1990, **89**(314): 287) 299

[23] Wang J Y, Zhu S G, Xu C F. Biochemistry [M] 3rd EDI, Beijing: Higher Education Press, 2002, 82) 91. [王镜岩, 朱圣庚, 徐长法. 生物化学(第3版). 北京: 高教出版社, 2002, 82) 91]

[24] Kanazawa A, Koshio S. lipid nutrition of the spiny lobster *Panulirus japonicus*(decapoda, lal inuridae) [J]. *Crustaceana*, 1994, **67**, 226) 232

A COMPARATIVE STUDY ON THE COMPOSITION OF AMINO ACID AND FATTY ACID IN FERTILIZED EGGS AND LOST EGGS OF *ERIOCHEIR SINENSIS*

YING Xue2Ping¹, LUO Yuar2Yuan² and ZHANG Yong2Pu¹

(1. Department of Biological and Environmental Science, Wenzhou Normal College, Wenzhou 325027;

2. College of Life Science, China Institute of Metrology, Hangzhou 310012)

Abstract: The composition of amino acid and fatty acid in fertilized eggs and lost eggs of *Eriocheir sinensis* were determined with capillary gas chromatography and HPLC. The results showed that there was no difference in the contents of essential amino acid (EAA) and supplemental amino acid (SAA) among the fertilized eggs of Taihu population and Wenzhou population, and the lost eggs of Wenzhou population of *Eriocheir sinensis*, and the non-essential acid (NEAA), including Glu, Cys and Ser had some difference between the eggs of three groups. There were 16, 13 and 14 kinds of fatty acids in fertilized eggs of Taihu population and Wenzhou population, and the lost eggs of Wenzhou population, respectively. Saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids represented 18.96%, 23.09%, 51.17%, 62.16% and 14.27%, 28.19% of total fatty acids in the eggs respectively. The major fatty acid in each group were C16:0 (14.97%, 18.59%), C16:1 (12.07%, 20.28%) and C18:1 (37.98%, 41.21%). There was significant difference in the contents of fatty acid between the eggs of three groups. The C18:2, C18:3 of fertilized eggs of Taihu population were more than that of Wenzhou population, and the DHA of fertilized eggs of Taihu population was much less than that of lost eggs of Wenzhou population. There were no significant changes of C14:0 and C16:0 between the fertilized eggs and the lost eggs of Wenzhou population. The relation between the abortion and the contents of amino acid and fatty acid, and the contents of fatty acid which influence the survival rates were also discussed in this paper.

Key words: *Eriocheir sinensis*; Amino acid; Fatty acid; Fertilized eggs; Lost eggs