

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00674

蓝蟹抱卵期间卵巢第二次发育过程中主要脂肪酸和脂类的变化

李树国^{1,2}, 成永旭¹, 周波¹, Anson H. Hines³

1. 上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室及上海市高校水产养殖学 E-研究院, 上海 201306;
2. 内蒙古民族大学 动物科学与技术学院, 内蒙古 通辽 028000
3. 史密森环境研究中心, 马里兰 21037, 美国

摘要: 利用气相色谱和棒状薄层色谱扫描仪对蓝蟹(*Callinectes sapidus* M. J. Rathbun 1896)抱卵期间卵巢第 2 次发育过程中的主要脂肪酸和脂类的变化进行研究。结果表明, 在蓝蟹抱卵期间卵巢第二次发育过程中, $C_{16:0}$ 、 $C_{16:1n7}$ 、 $C_{22:6n3}$ 占总脂肪酸的比例随着卵巢指数的增加而增加, 并且和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.05$); $C_{18:0}$ 和 $C_{20:4n6}$ (ARA)的比例随着卵巢指数的增加而减少, 并且和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.05$); $C_{18:1n7}$ 、 $C_{18:1n9}$ 和 $C_{20:5n3}$ 的比例随着卵巢指数的增加略有减少, 和卵巢指数之间不存在显著相关性($P > 0.05$)。甘油三酯(TG)的比例随着卵巢指数的增加而增加, 和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.01$); 游离脂肪酸(FFA)的比例随着卵巢指数的增加而下降, 和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.05$); 胆固醇(CHO)的含量随着卵巢指数的增加而下降, 和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.01$); 磷脂(PL)的含量随着卵巢指数的增加基本保持不变, 和卵巢指数之间不存在相关性($P > 0.05$)。以上数据可为蓝蟹亲蟹培育的饲料配方提供参考依据。

关键词: 蓝蟹; 脂肪酸; 脂类; 卵巢发育

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8738-(2011)03-0674-08

蓝蟹(*Callinectes sapidus* M. J. Rathbun 1896)隶属于节肢动物门(Arthropoda)、甲壳纲(Crustacea)、软甲亚纲(Malacostraca)、十足目(Decapoda)、爬行亚目(Reptantia)、梭子蟹科(Portunidae)、优游蟹属^[1]。蓝蟹自然分布于从加拿大的新斯科特省到阿根廷的西大西洋沿海, 同时由于引进或其他原因进入亚洲和欧洲海域^[2]。有关对蓝蟹营养与繁殖方面的研究国内外尚未开展。

在虾蟹类卵巢快速发育阶段, 肝胰腺中的脂类物质[主要是储存的甘油三酯(TG)]会部分转移到卵巢中^[3], 从而影响卵巢中脂类的积累。同样, 肝胰腺中的脂肪酸组成也会影响到卵巢中的脂肪酸比例^[4]。投喂中华绒螯蟹(*Ercheir sinensis*)

的饲料中脂肪源不同, 会影响中华绒螯蟹肝胰腺中的脂肪酸 $C_{18:1}$ 的比例^[5]。患有白化症的中华绒螯蟹肝胰腺 $C_{18:1}$ 的含量显著高于正常蟹^[6], 这说明由患病导致的营养状况恶化会影响蟹类的脂肪酸比例。

甲壳动物在性腺发育过程中对脂肪酸的需要量是一定的, 在天然饵料充足的情况下, 卵巢发育最接近正常值。所以, 研究甲壳动物卵巢在自然状态下发育过程中对脂肪酸和脂类的需求, 可为亲蟹培育提供比较准确的数字。然而, 传统的研究方法是在饲料中添加某种脂肪酸, 通过观察亲本随后的生殖力、受精率、孵化率和幼体的成活率等指标, 来评价饲料中的适宜添加量。这种

收稿日期: 2010-07-09; 修订日期: 2010-09-10.

基金项目: 美国 NOAA 和上海高校创新团队建设项目共同资助.

作者简介: 李树国 (1962-), 男, 教授, 博士研究生, 主要研究方向为水产动物营养繁殖学. E-mail: mdlsg@163.com

通信作者: 成永旭, 教授. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn

方法很难准确确定某种脂肪酸的最佳添加量。而根据蟹类在自然条件下卵巢发育过程中脂肪酸的变化, 可以比较容易地估测出需要量。选择蓝蟹卵巢第二次发育作为研究阶段, 主要是基于卵巢二次发育较快, 自然饵料丰度较高, 接近卵巢的最佳生理状态, 采样时间又比较集中来考虑的。研究蓝蟹卵巢在第二次发育过程中的主要脂肪酸和脂类的变化, 旨在揭示蓝蟹卵巢二次发育规律, 丰富十足类甲壳动物繁殖生物学内容, 为亲蟹培育的饲料配方提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及样品制备

2006年8月份, 在蓝蟹成熟季节后期进行连续采样(间隔2~3 d, 每次3~5只, 共采集35只), 选择已经抱卵的蓝蟹带回实验室后, 首先进行编号, 测量体质量、壳长和壳高, 然后进行解剖分离卵巢、肝胰腺, 并且记录胚胎发育时期, 称量去卵巢体质量。分别对3种组织进行编号、称重, 最后把样品放入-20℃冰箱中冷冻保存。

样品分析前把上述取得的卵巢组织(新鲜或冷冻样品)放在小型解剖盘中摊开, 放入烘干箱中在60℃的条件下烘干12 h以上。之后放入干燥器中冷却后称重, 研磨成粉末, 分装入自封袋中, 贴上标签放于干燥器中保存备用。

1.2 方法

1.2.1 总脂提取 总脂的提取采用国际通用的标准脂肪提取法即氯仿-甲醇(V/V=2:1)法^[7]。提取总脂时, 样品鲜样5 g左右或干样1 g左右(称取的样品量以含总脂0.1 g左右为准)。

1.2.2 脂肪酸分析 脂肪酸分析采用美国产高效气相色谱仪6890A(G1530A), 参数设置: 进样器和检测器温度均为260℃; 起始温度为60℃, 接着以50℃/min的速度升高到170℃, 继续以2℃/min的速度使温度上升到180℃; 在此温度下维持2 min, 继续以2℃/min的速度升高到230℃, 维持1 min; 继续以1℃/min的速度升高到240℃, 维持1 min, 总时间为46.2 min。氢气流量为30 mL/min, 空气流量为300 mL/min, 补偿气体(氮气)

流量为25 mL/min, 分流比为20:1, 压力为60 kPa。

1.2.3 脂类分析 用棒状薄层色谱扫描仪分析脂类时要求总脂含量在10~20 mg/mL之间, 按此范围对获得的总脂进行稀释, 然后点样, 在展开液正己烷:乙醚:甲酸=42:28:0.3(V:V:V)中展开10 cm(20~50 min), 烘干后用日产IATROSCAN MK-6s棒状薄层分析仪进行分析。参数设置: 空气流量2000 mL/min, 氢气流量160 mL/min, 扫描速度30 s。

1.3 数据统计

利用SPSS 13.0软件对实验数据进行相关分析, 用本软件的Bivariate过程, 相关系数类型采用Pearson, 显著性检验采用双侧(Two-tailed)检验。直方图用SPSS13.0绘制, 散点图用Excel 2003绘制。

卵巢指数 $GSI = \text{卵巢质量} / (\text{体质量} - \text{胚胎质量}) \times 100$ 。对全部35个样本进行脂类分析, 按卵巢指数从低到高选取19个样本进行脂肪酸分析。

2 结果与分析

在蓝蟹繁殖季节共采样35只, 对全部样品的总脂提取后, 进行脂类分析。依据GSI从小到大的顺序挑选19只抱卵蓝蟹进行脂肪酸分析。样本的数量分布情况如图1和图2所示。

2.1 卵巢中脂肪酸比例与卵巢指数的关系

蓝蟹在卵巢二次发育过程中, $C_{16:0}$ 占总脂肪酸的比例在不断增加, 由发育初期的17%左右, 上升到23%左右。卵巢发育初期这一比例增加迅速, 以后缓慢增加, 并且和卵巢指数之间存在极显著相关性($P < 0.01$, 图3A)。 $C_{16:0}$ 是卵巢中所占比例最高的脂肪酸。作为主要的供能物质, $C_{16:1n7}$ 占总脂肪酸的比例随着卵巢指数的增加以幂函数形式增加, 由卵巢发育初期的7%左右增加到卵巢发育后期的13%左右, 增加近1倍, 并且和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.01$, 图3B)。与 $C_{16:0}$ 和 $C_{16:1n7}$ 相反, $C_{18:0}$ 的比例随卵巢指数的增加而减少, 并且和卵巢指数之间存在显著相关性($P < 0.01$), 其比例由卵巢发育初期的8%左右下降到5%左右(图3C)。 $C_{18:1n9}$ 的比例在卵巢发育过程

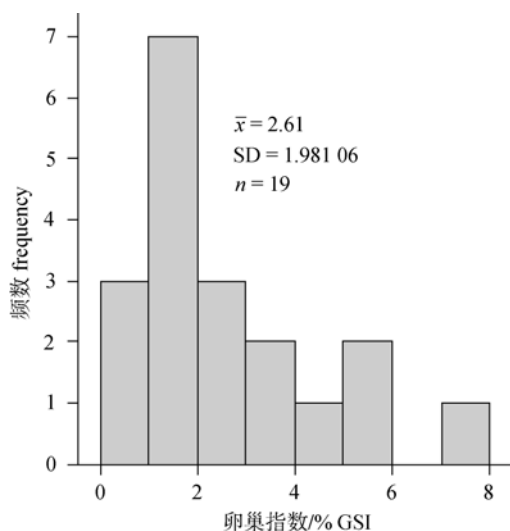


图 1 具有不同性腺指数的抱卵蓝蟹样本数量分布(用于脂肪酸分析)

Fig.1 Number distribution histogram of berried *Callinectes sapidus* with different GSI (for fatty acids analysis)

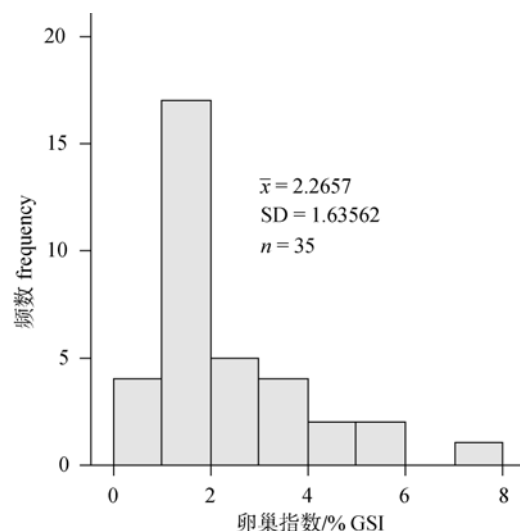


图 2 具有不同性腺指数的抱卵蓝蟹样本数量分布(用于脂类分析)

Fig.2 Number distribution histogram of berried *Callinectes sapidus* with different GSI (for lipid classes analysis)

中略有下降,和卵巢指数之间无显著相关性($P>0.05$)。 $C_{18:1n9}$ 的比例平均在 11%左右,变动不大(图 3 D)。 $C_{18:1n7}$ 的比例随卵巢指数的增加而减少,和卵巢指数之间不存在显著相关性($P=0.050$),其比例由卵巢发育初期的 3.5%左右下降到 2.5%左右(图 3 E)。花生四烯酸($C_{20:4n6}$, ARA)的比例随着卵巢指数的增加呈现幂函数下降趋势,和卵巢指数之间存在显著相关性($P<0.01$),比例由初期的 9%左右下降到 1%左右(图 3 F)。二十碳五烯酸($C_{20:5n3}$, EPA)比例随卵巢指数增加略有下降,和卵巢指数之间不存在显著相关性($P>0.05$),其比例基本上维持在 7%左右(图 3 G)。二十二碳六烯酸($C_{22:6n3}$, DHA)的比例随着卵巢指数的增加而增加,和卵巢指数之间存在显著相关性($P<0.05$),由发育初期的平均 7%左右上升到约 11%(图 3 H)。

2.2 卵巢中 4 种脂类比例与卵巢指数的关系

图 4 表示的是卵巢指数(GSI)和 4 种脂类(Lipid Classes, LC)的变化关系。卵巢中甘油三酯(TG)的含量随卵巢指数的增加而按对数函数增加,和卵巢指数之间存在显著相关性($P<0.01$)。TG 的含量在卵巢发育初期增加迅速,其含量由发育初期的 5%左右增加到 30%,增加了近 6 倍,在卵巢指数为 2.0 以后增加变缓(图 4 A);卵巢中游离脂

肪酸(FFA)的含量随卵巢指数的增加而下降,和卵巢指数之间存在显著相关性($P<0.05$),但 R^2 较小,主要是数据离散性较大(图 4 B);卵巢中磷脂(PL)的比例随着卵巢的发育基本上维持不变,和卵巢指数没有相关性($P>0.05$)。PL 是卵巢中的主要脂类,尽管相对含量没有变化,但是其绝对含量是增加的,因为卵巢在发育过程中,其绝对质量在逐渐增加,所以 PL 的绝对含量是在不断增加,由此说明卵巢中的 PL 是按照一定的比例增加的,PL 在卵巢中具有恒定的比例(图 4 C)。卵巢中胆固醇(CHO)的含量随卵巢指数的增加迅速降低,尤其是卵巢指数在 2.0 以前急剧下降,卵巢指数在 2.0 以后下降趋缓,总体含量由 8%左右下降到 2%左右,CHO 含量和卵巢指数存在极显著相关性($P<0.01$,图 4 D),说明在卵巢发育初期,对 CHO 的需要量较大。

3 讨论

亚油酸($C_{18:2n6}$)和亚麻酸($C_{18:3n3}$)这 2 种脂肪酸在蓝蟹卵巢中含量很低,在锯缘青蟹(*Scylla serrata*)卵巢中含量也很低^[8],这是海洋甲壳动物(主要是海洋梭子蟹类)脂肪酸的一个主要特征^[9-10]。然而,淡水甲壳动物(如中华绒螯蟹)卵巢中却含有

较多的亚油酸和亚麻酸,二者在一定条件下都可以转化成高不饱和脂肪酸,如EPA和DHA。海洋甲壳动物以海洋生物为饵料,而海洋生物体内都含有较高含量的EPA和DHA,没有必要再从其他脂肪酸(亚油酸和亚麻酸)转化合成EPA和DHA

而额外消耗能量。所以,海洋甲壳动物亚油酸和亚麻酸含量普遍偏低。蓝蟹卵巢中亚油酸含量低于1.5%,亚麻酸含量低于1%。锯缘青蟹^[11]和三疣梭子蟹^[12]卵巢中的这2种脂肪酸含量与蓝蟹相似。成永旭等^[8]报道,锯缘青蟹卵黄发生时期,

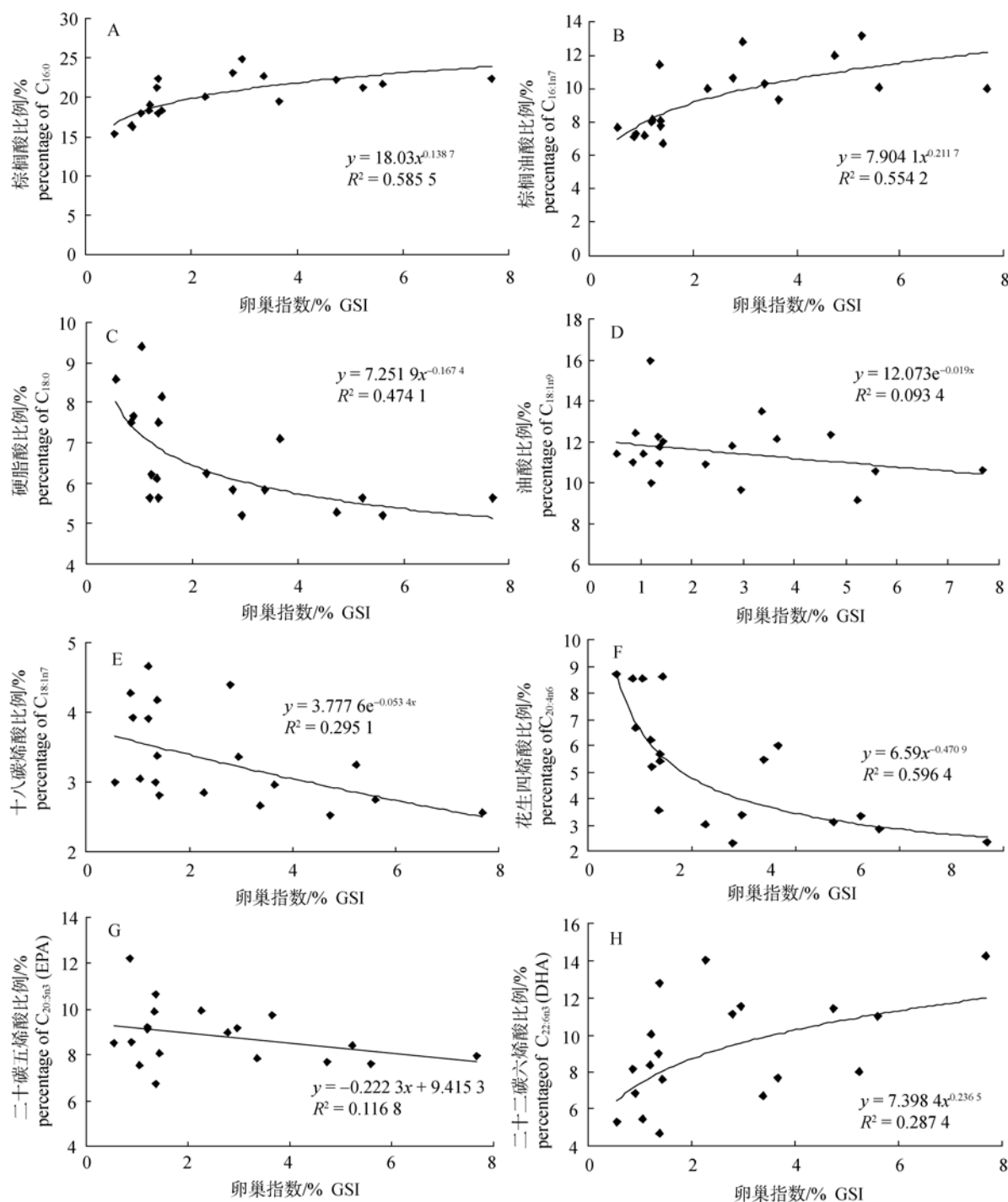


图3 蓝蟹抱卵期间卵巢第二次发育过程中卵巢中脂肪酸比例与卵巢指数的关系

Fig.3 Correlation of GSI and percentage of fat acid in ovary during the second ovarian development of spawning *Callinectes sapidus*

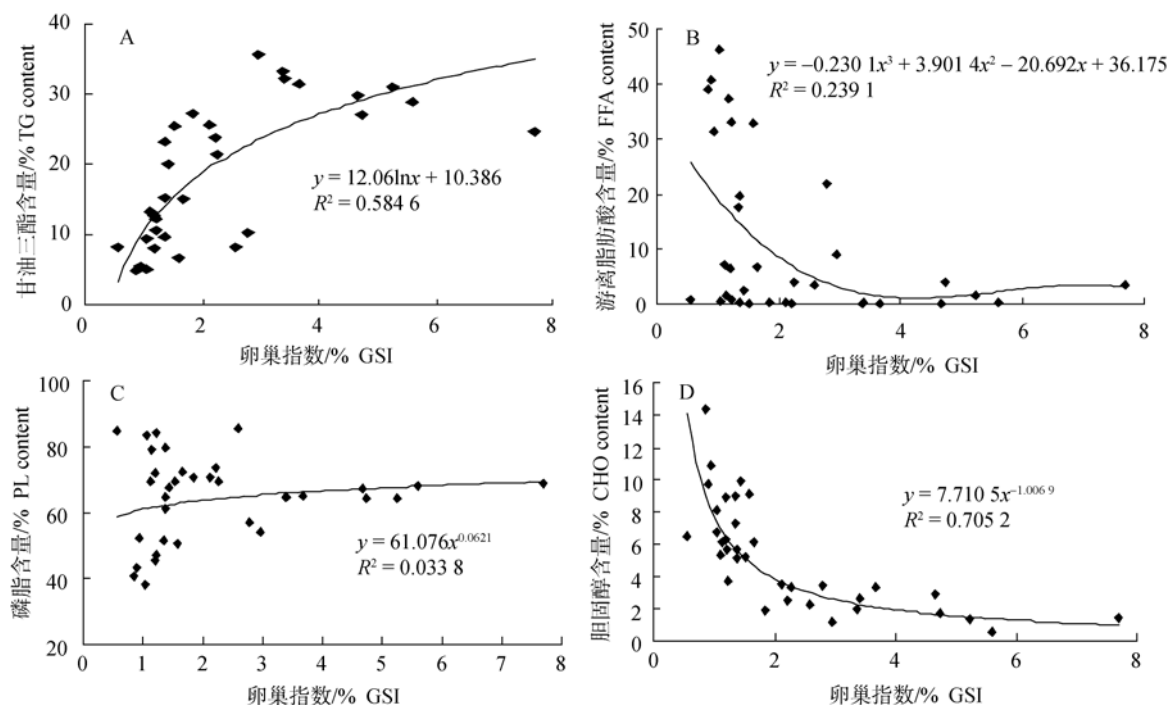


图 4 蓝蟹抱卵期间卵巢第二次发育过程中卵巢中的脂类含量与卵巢指数的关系

Fig.4 Correlation of GSI and the contents of lipid classes in ovary during the second ovarian development of spawning *Callinectes sapidus*

EPA 占总脂的比例下降, 单烯酸比例增加, $C_{18:1}$ 含量下降, 这和蓝蟹类似。出现这种情况, 可能与不同种间卵巢的特异性有关, 因为在卵黄发生期部分甲壳动物卵巢的 $C_{18:1}$ 含量是增加的, 如中华绒螯蟹^[13]和云斑厚纹蟹 (*Pachygrapsus marmoratus*)^[14]。卵巢中 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ 和 $C_{18:1n9}$ 等脂肪酸可能是作为主要的能源物质^[15]。

TG 在蓝蟹卵巢成熟过程中呈对数函数增长, 由发育初期的 10% 增长到成熟期的 30%。TG 是卵巢中最重要的脂类, 如粉红虾 (*Penaeus duorarum*)^[16]、日本对虾 (*Penaeus japonicus*)^[10]。Ravid 等^[17]报道, 短沟对虾 (*Penaeus semisulcatus*) 在成熟过程中, TG 从 1.09% 增加到 39.65%; Wouters 等^[18]报道, 凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) TG 在成熟过程中从 8.30% 增加到 33.81%。TG 是雌性亲体、卵和初孵幼体的主要能源物质^[10, 19-20], 在卵巢发育过程中会在卵巢中大量积累, 以便满足初孵幼体的需要。同时, TG 也是甲壳动物成熟雌体、卵和开口前幼体的主要能源物质^[21]。

花生四烯酸 (ARA) 在蓝蟹卵巢二次发育过程

中呈指数函数下降, 由卵巢发育初期的接近 9% 下降到成熟期的 3%, 下降幅度达 66.7%。中华绒螯蟹在卵巢发育过程中, ARA 也是显著下降, 由期卵巢的 7.8% 下降到期卵巢的 2.6%, 下降幅度同样达到 66.7%^[22]。Wouters 等^[23]对凡纳滨对虾卵巢的生化成分分析也证实了同样的事实。Lytle 等^[24]指出, 饲料中适量的 ARA 含量, 以及 n-3 PUFA (多不饱和脂肪酸) 和 n-6 PUFA 之间可能存在微妙的平衡关系。ARA 是合成前列腺素的前体物质, 而前列腺素对生殖、消化、呼吸系统以及离子的渗透性和抑制脂肪分解产生作用。

在蓝蟹卵巢二次发育过程中, FFA 呈下降趋势, TG 呈上升趋势, 这一点和中华绒螯蟹相似^[22]。虾蟹类卵巢中普遍具有较高水平的 FFA, 如日本对虾 (*Penaeus japonicus*)^[10]等。

CHO 在蓝蟹卵巢指数为 0.5 ~ 1.8 时快速下降, 到 2.0 时趋于缓慢, 说明储存在卵巢中的 CHO 在卵巢快速发育阶段被迅速消耗。成永旭等^[25]证实, 中华绒螯蟹肝胰腺中不含 CHO 或者含量极微, 无法检测到, 说明中华绒螯蟹肝胰腺不存在 CHO 合

成机制, 卵巢发育所需的 CHO 需要从外界摄取, 因此在培育亲蟹的饲料中要添加一定量的 CHO, 才能满足亲蟹性腺发育之需。尽管中华绒螯蟹肝胰腺中不含 CHO 或含量极微, 然而, 卵巢中 CHO 的含量却较高^[25]。在普通滨蟹(*Carcinus maenas*)^[26]和云斑厚纹蟹^[18]也发现这种现象。CHO 在不同甲壳动物卵巢中的含量不同, 这与生活环境有着密切的关系。一般认为, 随着卵巢的发育, 甲壳动物卵巢中的固醇类是增加的^[14, 16], 其含量可以占卵巢总脂的 6.4%~22%^[10]。中华绒螯蟹性腺在成熟过程中, 卵巢中的 CHO 由占中性脂的 17.7%下降到 10.7%, 下降幅度达 39.55%^[22]。在锯缘青蟹卵巢发育过程中, 未发现 CHO 的含量增加, 而在产过卵的卵巢中 CHO 的含量显著减少, 在初孵幼体中 CHO 含量增加^[27]。

在蓝蟹卵巢二次发育过程中, PL 占总脂的比例没有太大的变化, 而卵巢中总脂的绝对含量增加了, 说明脂类是按照一定比例增长的。蓝蟹卵巢中的 PL 比例在 60%以上, 在卵巢发育过程中增加的大量 PL 绝大部分是从外界饵料中摄取的, 因为十足类甲壳动物合成 PL 的能力有限^[28-29], 而肝胰腺中的大部分脂类(80%)是中性脂(NL)^[30]。蓝蟹卵巢中的 PL 比例为 60%以上, NL 在 30%左右; 中华绒螯蟹 PL 的比例为 30%左右, NL 的比例为 60%左右^[13]。PL 在甲壳动物卵巢发育过程中略有增加, 这和 Roeland 等^[23]、Gehring^[16]、Mourente 等^[31]的结果一致, 这说明 PL 在卵巢中占总脂的比例基本上是保持恒定的。

结论认为 ARA、CHO 和 DHA 在蓝蟹卵巢二次发育过程中比较重要, 在用配合饲料培育蓝蟹亲蟹时, 要适当添加这 3 种物质, 以便满足蓝蟹卵巢发育的需要。

参考文献:

- [1] 方纪祖, 杨和荃. 水生生物学(形态和分类)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 280-360.
- [2] Wolcott D L, Hopkins C W B, Wolcott T G. Early events in seminal fluid and sperm storage in the female blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun: Effects of male mating history, male size, and season [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2005, 319: 43-55.
- [3] 于智勇, 吴旭干, 常国亮, 等. 中华绒螯蟹第二次卵巢发育期间卵巢和肝胰腺中主要生化成分的变化[J]. 水生生物学报, 2007, 31(6): 799-806.
- [4] Chhorn L, Harry A, Christopher L, et al. Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid [J]. Aquaculture, 1997, 151: 143-153.
- [5] 陈再忠. 中华绒螯蟹性早熟及其机理的研究[D]. 上海: 上海水产大学, 2002: 1-125.
- [6] 常国亮. 磷脂和 HUFA 对中华绒螯蟹生长及早熟内分泌调控作用研究[D]. 上海: 上海水产大学, 2008, 1-135.
- [7] Folch J, Lees M, Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues [J]. J Biol Chem, 1957, 226: 497-509.
- [8] 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[J]. 海洋学报, 2001, 23(3): 66-77.
- [9] Mourente G. In vitro metabolism of ¹⁴C polyunsaturated fatty acids in midgut gland and ovary cells from *Penaeus kerathurus* at the beginning of the sexual maturation [J]. Comp Biochem Physiol, 1996, 115B: 55-266.
- [10] Teshima S, Kanazawa A. Variation in lipid composition during the ovarian maturation of the prawn [J]. Bull Jpn Soc Sci Fish, 1983, 49: 957-962.
- [11] 檀东飞, 吴国欣, 林跃鑫, 等. 锯缘青蟹营养成分分析[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2000, 16(4): 79-84.
- [12] 苏秀榕, 李太武, 欧阳芬, 等. 三疣梭子蟹营养成分的研究[J]. 营养学报, 1996, 18(3): 342-346.
- [13] 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[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 113-119.
- [14] Lautier J, Lagarrigue J G. Lipid metabolism of the crab *Pachygrapsus marmoratus* during vitellogenesis[J]. Biochem Syst Ecol, 1988, 16: 203-212.
- [15] Teshima S, Kanazawa A, Koshio S, et al. Lipid metabolism in destalked prawn *Penaeus japonicus*: Induced maturation and accumulation of lipids in the ovaries [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1988, 54(7): 1115-1122.
- [16] Gehring W R. Maturation changes in the ovarian lipid spectrum of the pink shrimp, *Penaeus duorarum* [J]. Comp Biochem Physiol, 1974, 49A: 511-524.
- [17] Ravid T, Tietz A, Khayat M, et al. Lipid accumulation in the ovaries of a marine shrimp *Penaeus semisulcatus* (De Haan) [J]. J Exp Biol, 1999, 202(13): 1819-1829.
- [18] Wouters R, Gomez L, Lavens P, et al. Feeding enriched Ar-

- temia biomass to *Penaeus vannamei* broodstock: its effect on reproductive performance and larval quality [J]. J Shellfish Res, 1999, 18(2): 651–656.
- [19] Ward D G, Middleditch B S, Lawrence A L. Fatty acids changes during larval development of *Penaeus setiferus* [J]. Proc World Maricult Soc, 1979, 10: 464–471.
- [20] Middleditch B S, Missler S R, Ward D G, et al. Maturation of penaeid shrimp: dietary fatty acids [J]. Proc World Maricult Soc, 1979, 10: 472–476.
- [21] Clarke A, Skadsheim A, Holmes L. Lipid biochemistry and reproductive biology in two species of Gammaridae (Crustacea: Amphipoda) [J]. Mar Biol, 1985, 88: 247–263.
- [22] Wen X B, Chen L Q, Ai C X, et al. Variation in lipid composition of Chinese mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis* during ovarian maturation [J]. Comp Biochem Physiol, 2001, 130: 95–104.
- [23] Wouters R, Molina C, Lavens P, et al. Lipid composition and vitamin content of wild female *Litopenaeus vannamei* in different stages of sexual maturation [J]. Aquaculture, 2001, 198: 307–323.
- [24] 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, 89: 287–299.
- [25] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 不同阶段中华绒螯蟹肝胰腺的脂类及脂肪酸组成[J]. 动物学报, 1998, 44(4): 420–429.
- [26] Chapelle S. Lipid composition of tissues of marine crustaceas [J]. Biochem Syst Ecol, 1977, 5: 241–248.
- [27] Alava V R, Quintio E T, de Priolo J B, et al. Lipids and fatty acids in wild and pond-reared mud crab *Scylla serrata* (Forsskal) during ovarian maturation and spawning [J]. Aquac Res, 2007, 38: 1468–1477.
- [28] Kanazawa A, Teshima S, Sakamoto M. Effects of dietary lipids, fatty acids, and phospholipids on growth and survival of prawn (*Penaeus japonicus*) larvae [J]. Aquaculture, 1985, 50(1–2): 39–49.
- [29] D'Àbramo L R, Bordner C E, Conklin D E. Relationship between phosphatidylcholine and serum cholesterol in the lobster *Homarus* sp.[J]. Mar Biol, 1982, 67: 231–235.
- [30] 成永旭, 堵南山, 赖伟. 中华绒螯蟹成熟卵巢的脂类和脂肪酸组成[J]. 中国水产科学, 1999, 6(1): 79–82.
- [31] Mourente G, Rodriguez A. Variation in the lipid content of wild caught females of the marine shrimp *Penaeus kerathurus* during sexual maturation [J]. Mar Biol, 1991, 110: 21–28.

Changes of main fatty acids and lipid classes in second ovarian development of spawning blue crab, *Callinectes sapidus*

LI Shuguo^{1, 2}, CHENG Yongxu¹, ZHOU Bo¹, Anson H. Hines³

1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources and Aquaculture Division, E-Institute of Shanghai Universities, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China;

2. College of Animal Science and Technology, Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028000, China

3. Smithsonian Environment Research Center, Maryland 21037, USA

Abstract: The aim of this study is to investigate fatty acid and lipid class variation in the ovary of natural spawning blue crab, *Callinectes sapidus* in the second gonad development. In the trial, 35 crabs' lipid classes were analyzed by Iatroscan TLC/FID and 19 crabs' fatty acids were analyzed by Agilent 6890 gas chromatograph. The changes of main fatty acids and main lipid classes of blue crab in second gonad development were monitored. The main fatty acids were those more than 4% of total fatty acids, and the main lipid classes were those more than 5% of total lipid. There were eight kinds of main fatty acids ($C_{16:0}$, $C_{16:1n7}$, $C_{22:6n3}$, $C_{18:0}$, $C_{20:4n6}$, $C_{18:1n7}$, $C_{18:1n9}$, $C_{20:5n3}$) and four kinds of lipid classes (CHO, TG, FFA, PL). The results showed that the percentage of $C_{16:0}$, $C_{16:1n7}$, $C_{22:6n3}$ and TG increased in relation to GSI, and they had significant relationship with GSI ($P < 0.05$). However, the percentage of $C_{18:0}$, $C_{20:4n6}$ and CHO decreased in relation to GSI, and the relativity was significant ($P < 0.05$). There was no significant evidence that $C_{18:1n7}$, $C_{18:1n9}$, $C_{20:5n3}$ and PL varied in relation to GSI ($P > 0.05$) except for FFA ($P < 0.05$). The conclusion obtained by data above is that ARA($C_{20:4n6}$), CHO and DHA($C_{22:6n3}$) are important in gonad development of blue crab. So they should be taken into account in designing feed formulas for parental crabs. The data provided scientific reference for feed formulation for parental blue crabs.

Key words: *Callinectes sapidus*; fatty acids; lipid classes; ovarian development

Corresponding author: CHENG Yongxu. E-mail: yxcheng@shou.edu.cn