

海水仔稚鱼必需脂肪酸—— $n-6$ 系列高度不饱和脂肪酸研究概况Research outline of $n-6$ high unsaturated fatty acid for marine fish larvae

陈晓琳, 刘镜恪, 周 利

(中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071)

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1000- 3096(2004)11- 0061- 03

近些年来, 国内外的研究证实, $n-3$ 高度不饱和脂肪酸($n-3$ HUFA)是海水仔稚鱼的必需脂肪酸, 它们是海水仔稚鱼正常生长和成活所必需的, 尤其是廿碳五烯酸(EPA, 20: 5 $n-3$)和廿二碳六烯酸(DHA, 22: 6 $n-3$)业已进行了大量的研究。这些脂肪酸的重要作用与它们在细胞膜磷脂结构中的特殊位置有关。此外, 海水鱼不能把亚麻酸(18: 3 $n-3$)自身生物合成为EPA和DHA^[1], 所需要的EPA和DHA只能从饲料中摄取。

$n-6$ 系列高度不饱和脂肪酸($n-6$ HUFA)在海水鱼的营养学研究中尚未引起足够的重视^[2-4], 国内的有关研究尚未见报道。国外近几年的研究证实, $n-6$ HUFA同 $n-3$ HUFA一样, 也是海水仔稚鱼的必需脂肪酸, 其中以廿碳四烯酸(AA, 20: 4 $n-6$)尤为重要。作者综述了国外 $n-6$ 系列高度不饱和脂肪酸的研究概况, 旨在引起国内有关学者的关注与重视。

1 $n-6$ HUFA对海水仔稚鱼的必需性

$n-6$ HUFA, 特别是其中的AA, 是海水仔稚鱼的必需脂肪酸。尽管AA不能像DHA和EPA那样显著提高海水仔稚鱼的生长速度, 但它似乎能够显著提高海水仔稚鱼的成活率。此外, AA对海水仔稚鱼的生物化学成分、生理功能等方面也有一定影响。

1.1 AA对海水仔稚鱼生长和成活率的影响

国外有关AA对鱼类生长、成活率影响的研究所见报道甚少。Zheng等的研究结果表明, 用含量为3.7%~7.6%AA强化卤虫(干质量)饲养的鳕鱼(*Gadus morhus*)仔稚鱼与用含量小于0.5%AA的强化卤虫(干质量)饲养的鳕鱼仔稚鱼相比, 前者仔稚鱼的成活率和生长速度均低于后者^[4], 这说明鳕鱼仔稚鱼对活饵料中AA的需要量较少, 活饵料中AA的含

量过高, 对鳕鱼仔稚鱼的成活率和生长速度有不利影响。Castell等研究了AA对大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)幼鱼生长、存活的影响。在以酪蛋白为基础的精制饲料中均添加14%的混合油(椰油: 油酸为1), 此外, 各精制饲料中再分别添加1%的AA、或1%的DHA、或1%的混合油(AA+DHA)。11周的试验结果表明, 用添加了1%AA的饲料饲养的幼鱼, 其生长速度和成活率均优于用添加了1%DHA或1%混合油(AA+DHA)的饲料饲养的幼鱼^[3]。Bessonart等研究了微颗粒饲料中不同含量的AA对金头鲷仔稚鱼生长、成活率的影响。在该试验中, 微颗粒饲料中AA的含量从0.1%提高到1.0%(干质量), 14d后, 金头鲷仔稚鱼的生长速度稍有提高。3周后的试验结果表明, 微颗粒饲料中AA的含量从0.1%提高到1.0%(干质量), 明显地提高了仔稚鱼的生长速度。前者稚鱼生长速度并不明显, 可能是由于试验时间较短的缘故。另外, 用AA含量高的饲料饲养的仔稚鱼与AA含量低的饲料饲养的仔稚鱼相比, 前者仔稚鱼的成活率明显地优于后者^[1,18]。但是, 如果其它必需脂肪酸的含量不在适宜含量范围内, AA对仔稚鱼生长和成活率的作用就有可能被掩盖^[5]。

一些热带淡水鱼如尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)等最需要 $n-6$ 系列多不饱和脂肪酸如亚油酸(18: 2 $n-6$)而不是 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸如亚麻酸(18: 3 $n-3$)。鳗鲡(*Anguilla* sp.)等温水鱼则既需要 $n-3$

收稿日期: 2002-09-18; 修回日期: 2003-03-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30170731)

作者简介: 陈晓琳, (1979-), 女, 山东即墨人, 硕士生, E-mail: chenxiaolin@ms.qdio.ac.cn



系列、也需要 $n-6$ 系列的多不饱和脂肪酸来满足其生长、存活的需要。

1.2 AA 对海水仔稚鱼的生物化学成分和生理功能方面的影响

有关研究报道了 AA 在鱼类新陈代谢中的作用, AA 是磷脂酰肌醇 (PI) 的主要成分之一^[6,7], 也是鱼类类二十烷酸的主要前体脂肪酸^[8-10]。Bell 等指出, 尽管大菱鲆饲料和大菱鲆体内的脂类中 $n-6$ HUFA 的含量不高, 但大菱鲆体内 PI 却富含 AA。用¹⁴C 标记的 AA 在大菱鲆体内积极参与了 PI 的生物合成^[6]。在金头鲷 (*Sparus aurata*) 仔稚鱼的极性脂中, AA 的含量会随着饲料中 AA 含量的提高而提高, 这与 Bell 等的研究结果是一致的^[1,2]。仔稚鱼的总脂、鱼脑的总脂以及重要的脑磷脂中 EPA, AA 的含量与活饵料中 EPA, AA 的含量密切相关, 提高活饵料中 AA 的含量, 仔稚鱼鱼脑中的廿碳酸产物似乎也随之改变。由于市场销售的鱼油中 AA 的含量普遍较低, 所以海水仔稚鱼育苗生产中不存在强化活饵料体内 AA 含量过高的问题。

在不同组织中, 荷尔蒙刺激反应时, 膜磷脂释放出 AA^[1]。AA 在刺激蛋白酶 C 过程中担任第二信使^[11], 并且 AA 能分别转化成复合物包括前列腺素、血栓烷和白细胞三烯等^[12], 所有这些分子即使在仔稚鱼的生理活性低下时亦保持活跃状态, 并且在仔稚鱼的生长过程中扮演重要角色。尽管 AA 作为细胞膜的成分起着重要作用, 但由于其在鱼类组织中占有很小的比例, 这就使得研究该脂肪酸数量上的需求变得很困难^[1]。

类二十烷酸是一个系列的高活性的二十碳复合物, 在体内的各个组织中合成的数量很少, 却在各种生理功能中发挥重要作用。鱼类同哺乳动物一样, 其类二十烷酸的主要前体物是 AA, 由 EPA 产生的类二十烷酸的生理活性比由 AA 产生的类二十烷酸的生理活性弱, 并与 AA 产生的类二十烷酸进行竞争^[10]。因此, 体内类二十烷酸的作用就取决于 AA 与 EPA 的比例。如果 AA/EPA 的比例高, 可提高类二十烷酸活性; 反之, 如果 EPA/AA 的比例高, 则会抑制类二十烷酸的活性。海水鱼类饲料中 AA/EPA 的适宜比例, 目前尚不十分清楚^[13]。

2 必需脂肪酸的竞争作用与配比平衡的重要性

20 世纪 80 到 90 年代, 海水鱼类必需脂肪酸的营养研究主要集中在 $n-3$ HUFA 的适宜添加量及 EPA 和 DHA 的最佳比例上, 忽视了脂类营养的综合性和平衡性, 如 AA 的营养作用及饱和的和单不饱和的脂肪

酸的营养作用。现在人们认识到, AA 和 DHA, EPA 一样都是海水鱼类必需脂肪酸; 这三者的比例及高度不饱和脂肪酸 (HUFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA)、饱和脂肪酸 (SFA) 在饲料磷脂 (PL) 和甘油三酯 (TAG) 中的适宜比例也是极为重要的^[13]。

高度不饱和脂肪酸在代谢方面形成竞争性的相互作用, 因此, 不能孤立地考虑海水鱼对这 3 种必需脂肪酸 (DHA, EPA, AA) 的需求, 而且考虑它们之间的相对含量同它们的绝对需求量同样重要。当海水比目鱼仔稚鱼饲料中 DHA/EPA 为 2/1 时, 仔稚鱼的生长和成活率令人满意, 但由于提高了饲料中 DHA 的含量, 降低了饲料中 EPA 的含量, 改变了饲料中 EPA 和 AA 的比例, 也会使 EPA 与 AA 的廿碳酸产物间的竞争作用受到影响, 因而, 饲料中 DHA/EPA/AA 间恰当的比例关系应引起我们的重视。海水比目鱼仔稚鱼非正常的色素沉着可能与神经组织有关, 而廿碳酸对神经组织的信号传导起着重要作用, 此外, DHA, EPA 与 AA 这 3 种必需脂肪酸的重要性及其竞争作用, 适用于海鱼体内一切组织^[15,14]。迄今, 大菱鲆仔稚鱼的育苗, 使用天然金枪鱼油强化活饵料, 因其 DHA, EPA 与 AA 的含量与配比适宜, 仔稚鱼在生长、成活率、色素沉着及变态等方面, 均可获得令人满意的效果。但是, 这些试验结果并不能适应于所有的海鱼。Sargent 等研究发现鲈鱼仔稚鱼的饲料中 DHA 和 EPA 的最佳比例大约为 2/1, 并且 EPA 和 AA 的最佳配比大约为 1/1。比目鱼仔稚鱼饲料中 DHA 和 EPA 的最佳配比也大约为 2/1, 但是 EPA 和 AA 的配比是 10/1, 甚至更大一些^[15]。

EPA 转化到仔稚鱼体内的 PL 中受到饲料中 AA 的反作用。鱼类中磷脂的酯化过程中存在 EPA 和 AA 的竞争^[2,16]。特别是在 PI 中, 因为这 2 种脂肪酸都是其主要成分。由于 AA 和 EPA 是由磷脂酶 A₂ 具有活性时从 PI 中释放出来的, 并且都是类二十烷酸的前体物, 它们分别转入 PL 中可能会对不同的类二十烷酸的合成产生影响。

对任何一种海鱼来说, 不能孤立地考虑某一种 HUFA 的最佳需求量; 同样, 对其饲料也不能孤立地考虑某一种 HUFA 的最佳含量。必须考虑 DHA, EPA, AA 这 3 种 HUFA 的适宜比例^[15]。

3 发展方向

海鱼不能将十八碳酸转化为廿碳的多不饱和脂肪酸, AA 作为海鱼的必需脂肪酸在产生廿碳酸方面具有必需的、重要的生理作用。尽管 AA 在总脂肪酸中的含量一般不到 1%, 但它却普遍存在鱼油中。目前的海水鱼养殖有两个重要问题: 首先, 饲料中的 AA

含量对海水鱼神经发育的重要性; 第二, 饲料中 EPA 和 AA 的比例决定类二十烷酸的活性。这些问题在淡水鱼中同样存在。这两个问题是相互联系的。由于富含 DHA 的所有饲料鱼油(海鱼鱼油)中含有的相当数量的 EPA 和少量的 AA, 而改变饲料中一种 HUFA 的含量也就必然改变了其它 2 种脂肪酸的含量, 因此, 很难得到一种理想的 HUFA 混合物。

在类二十烷酸的产生中, EPA 和 AA 的最佳比例可能会因海鱼的不同而有差异。目前的研究表明适当地提高饲料中 AA 的含量对鲈鱼仔稚鱼和鲑鱼仔稚鱼有益, 但对比目鱼并不合适, 饲料中 AA 的最佳含量和组织中类二十烷酸的产生率有关, 饲料中 AA 对仔稚鱼的影响有待于进一步的研究^[15]。

由于每一个分子 HUFA 含有两个或两个以上双键, 很易受光、氧、热、金属离子等因素的影响而被氧化, 使 HUFA 失去其生物学活性。同时, HUFA 因氧化而产生的化学物质包括游离原子团、过氧化物、氢氧化物、醛、酮等与饲料中的蛋白质、维生素或其它脂类作用, 会使饲料的营养价值或消化率大大降低, 影响饲料的适口性, 并对鱼类产生不同程度的危害。因此, 在水产饲料中如何有效防止或控制 HUFA 的氧化, 也是亟待解决的问题^[17]。

参考文献:

- [1] Bessonat M, Izquierdo M S, Sallhi M, *et al.* Effect of dietary arachidonic acid levels on growth and survival of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larvae[J]. **Aquaculture**, 1999, 179: 265- 275.
- [2] Bell J G, Castell J, Tocher D R, *et al.* Effects of different dietary arachidonic acid: docosahexaenoic acid ratios on phospholipid fatty acid compositions and prostaglandin production in juvenile turbot(*Scophthalmus maximus* L.) [J]. **Fish Physiol Biochem**, 1995, 14: 139- 151.
- [3] Castell J D, Bell J G, Tocher D R, *et al.* Effects of purified diets containing different combinations of arachidonic and docosahexaenoic acid on survival, growth and fatty acid composition of juvenile turbot(*Scophthalmus maximus*) [J]. **Aquaculture**, 1994, 128: 315- 333.
- [4] Zheng F, Takenchi T, Yoshida K, *et al.* Requirement of larvae cod for arachidonic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid using by their enriched *Artemia nauplii* [J]. **Nippon Suisan Gakkaishi**, 1996, 62: 669- 676.
- [5] Estevez A, McEvoy L A, Bell J G. Growth, survival, lipid composition and pigmentation of turbot(*Scophthalmus maximus*) larvae fed live-prey enriched in arachidonic and eicosapentaenoic acids[J]. **Aquaculture**, 1999, 180: 321- 343.
- [6] Bell M V, Simpson C M F, Sargent J R. ($n-3$) and ($n-6$) polyunsaturated fatty acids in the phosphoglycerides of salt-secreting epithelia from two marine fish species[J]. **Lipids**, 1983, 18: 720- 726.
- [7] Bell M V, Dick J R. Molecular species composition of phosphatidylinositol from brain, retina, liver and muscle of cod (*Gadus morhua*) [J]. **Lipids**, 1990, 25: 691- 694.
- [8] Bell J G, Tocher D R, Sargent J R. Effects of supplementation with 20: 3($n-6$), 20: 4($n-6$) and 20: 5($n-3$) on the production of the prostaglandins E and F of the 1, 2 and 3 series in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) brain astroglial cells in primary culture[J]. **Biochim Biophys Acta**, 1994, 1211: 335- 342.
- [9] Henderson R J, Bell M V, Sargent J R. The conversion of polyunsaturated fatty acids to prostaglandins by tissue homogenates of the turbot, *Scophthalmus maximus*(L.) [J]. **J Exp Mar Biol Ecol**, 1985, 85: 93- 99.
- [10] Sargent J R, Bell J G, Bell M V. The metabolism of phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish[A]. Lahlow B, Vitiello P. *Aquaculture: Fundamental and Applied Research*[J]. American: American Geophysical Union, 1994. 103- 113.
- [11] Mc phail L C, Clayton C C, Snyderman R. A potential second messenger role for unsaturated fatty acids: activation of Ca^{2+} dependent protein kinase C [J]. **Science**, 1984, 224: 622- 625.
- [12] Smith W L. The eicosanoids and their biochemical mechanism of action[J]. **Biochem J**, 1989, 259: 315- 324.
- [13] 王吉桥, 张欣, 刘革利. 海水鱼类必需脂肪酸营养与需要的研究进展[J]. *水产科学*, 2001, 20: 5.
- [14] Reitan K I, Raiuzzo J R, Olsen Y. Influence of lipid composition of live feed on growth, survival and pigmentation of turbot larvae[J]. **Aquacult Int**, 1994, 2: 33- 48.
- [15] Sargent J, Bell G, McEvoy L, *et al.* Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish [J]. **Aquaculture**, 1999, 177: 191- 199.
- [16] Tocher D R, Sargent J R. Incorporation of [^{14}C] arachidonic and [^{14}C] eicosapentaenoic acid into the phospholipids of peripheral blood neutrophils from the plaice *Pleuronectes platessa* [J]. **Biochim Biophys Acta**, 1986, 876: 592- 600.
- [17] 苏小凤, 邵庆均. 多不饱和脂肪酸在鱼类营养与饲料中的作用及其氧化性[J]. *饲料研究*, 2002, 3: 10.
- [18] Koven W, Rogier V A, Sigal L, *et al.* The effect of dietary arachidonic acid on growth, survival, and cortisol levels in different-age gilthead seabream larvae(*Sparus auratus*) exposed to handling or daily salinity change[J]. **Aquaculture**, 2003, 228: 307- 320.

(本文编辑: 刘珊珊)