

# 海水和淡水养殖花鲈肌肉脂肪酸组成和含量分析

许建和<sup>1</sup>, 徐加涛<sup>1</sup>, 林永健<sup>2</sup>, 罗刚<sup>1</sup>, 毕祥静<sup>1</sup>

(1. 淮海工学院海洋学院, 江苏 连云港 222000; 2. 宁波市海洋与渔业研究院, 浙江 宁波 315010)

**摘要:** 采用 Folch 液回流提取投喂相同配合饲料的海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈背部肌肉脂质, 脂质经氢氧化钾-三氟化硼法甲酯化后进行气相色谱分析。结果表明: 海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈肌肉脂肪酸组成存在一定差异。海水花鲈肌肉脂肪酸中单不饱和脂肪酸(MUFA)、*n*-3 系列多不饱和脂肪酸(PUFA)、EPA(C<sub>20:5 n-3</sub>)和 DHA(C<sub>22:6 n-3</sub>)含量明显高于淡水花鲈, 而饱和脂肪酸(SFA)、*n*-6 系列 PUFA 和 AA(C<sub>20:4 n-6</sub>)含量则低于淡水养殖花鲈。海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈肌肉中 *n*-6 和 *n*-3 系列 PUFA 比值分别为 0.27 和 0.42, 均远低于 HMSO(英国卫生部)推荐的最高安全限值(4.0)。

**关键词:** 花鲈; 脂肪酸; 海水; 淡水

## Fatty Acid Composition of the Muscle of *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) Grown in Seawater and Freshwater

XU Jian-he<sup>1</sup>, XU Jia-tao<sup>1</sup>, LIN Yong-jian<sup>2</sup>, LUO Gang<sup>1</sup>, BI Xiang-jing<sup>1</sup>

(1. School of Ocean, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222000, China;

2. Ningbo Academy of Ocean and Fishery, Ningbo 315010, China)

**Abstract:** Lipids in the dorsal muscle of Japanese seabass *Lateolabrax japonicus* grown in seawater and freshwater fortified with the same feed were extracted by reflux extraction with “Folch” solvent, esterified with KOH-BF<sub>3</sub> method and analyzed by gas chromatography. The results indicated that an obvious difference in fatty acid profile was observed between the muscles of Japanese sea basses grown in seawater and freshwater. The muscle of Japanese seabass from seawater exhibited higher contents of monounsaturated fatty acids (MUFA), *n*-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA), eicosapentaenoic acids (EPA, C<sub>20:5 n-3</sub>) and docosahexaenoic acids (DHA, C<sub>22:6 n-3</sub>), and lower levels of saturated fatty acids (SFA), *n*-6 PUFA and arachidonic acids (AA, C<sub>20:4 n-6</sub>). The ratios of *n*-6/*n*-3 fatty acids in the muscles of seawater and freshwater sea basses were 0.27 and 0.42, respectively, both significantly lower than maximum safety standard (4.0) recommended by the UK Department of Health.

**Key words:** Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus*; fatty acids; seawater; freshwater

中图分类号: S963.16

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2010)14-0209-03

花鲈是广泛分布于我国沿海和河口地区的广盐性肉食经济鱼类。因其较强的适应性以及人工苗种培育技术的突破和市场需求的增加, 在我国广东、福建、浙江、江苏、山东等省的海水网箱和淡水池塘已开展了大面积养殖, 并取得了较好的效益。目前, 对花鲈养殖技术<sup>[1]</sup>和饲料<sup>[2-3]</sup>等方面研究报道较多。关于其营养成分尤其是脂肪酸研究较少, 仅见王远红等<sup>[4]</sup>报道了日本花鲈和中国花鲈营养成分差异。而关于海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈脂肪酸组成和含量的比较, 目前还未见报道。本研究拟分析投喂相同人工配合饲料后的海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈肌肉脂肪酸组成及含量, 为花鲈养

殖和产品深加工提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

分析用花鲈取自宁波象山海水(盐度 28~32g/L)和淡水养殖网箱(盐度 0.2g/L)。养殖过程中两实验组投喂相同人工配合饲料(宁波天邦饲料股份有限公司), 养殖时间 8 个月。分析时, 每种养殖网箱各取 3 尾鱼, 取背鳍基部肌肉。

饱和脂肪酸甲酯(C<sub>16:0</sub>、C<sub>18:0</sub>, 分析纯)标准品 上海试剂一厂; 不饱和脂肪酸甲酯(C<sub>18:1</sub>、C<sub>18:2</sub>、C<sub>18:3</sub>、

收稿日期: 2009-09-12

基金项目: 江苏省企业博士创新基金项目(BK2009652); 江苏省海洋生物重点实验室开放课题(2007HS001)

作者简介: 许建和(1976—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为鱼类营养与饲料。E-mail: xujianhe@tom.com

C<sub>20:3</sub>、C<sub>20:4</sub>、C<sub>20:5</sub>、C<sub>20:6</sub>，纯度≥98%) 美国 Sigma 公司；甲醇、氯仿、正庚烷、氢氧化钾、三氟化硼、氯化钠、无水硫酸钠(均为国产分析纯)。

## 1.2 仪器

5890 气相色谱仪[配 HP 化学工作站] 美国惠普公司；毛细管色谱柱(30m × 0.25mm, HP-Innowax 系列) 美国 Agilent 公司。

## 1.3 样品处理

称取新鲜肌肉(饲料)样品 1g 于研钵中，用少量 Folch 液研磨成浆状，加 15mL Folch 液，于 50℃ 氮气保护下水浴抽提 4h 后，过滤，移取续滤液 10mL，在 40℃ 调价下氮气挥干溶剂，称重所提取的脂质。加 2mL 氢氧化钾溶液于提取的脂质中，充氮气后于 50℃ 水浴中振摇至油珠消失(约 4min)，自来水冷却样品瓶外壁，再加 2mL 的 10% 三氟化硼甲醇溶液轻轻混匀，充氮气后 50℃ 水浴中静置 3min，冷却，加正庚烷充分振荡后静置。用 15mL 饱和食盐水淋洗上层，取上层清液于 1.5mL Eppendorf 管中，加少量无水硫酸钠，供气相色谱分析。

## 1.4 样品分析

饲料水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分含量测定参照 AOAC<sup>[5]</sup>的方法。

样品脂肪酸分析使用气相色谱仪测定。色谱条件：进样口温度 250℃，升温速率 1℃/min；汽化室和 FID 检测器温度均为 280℃；载气 N<sub>2</sub> 1mL/s，H<sub>2</sub> 1mL/s，空气 10mL/s；分流比 100:1；进样量 0.5 μL。

## 1.5 统计分析

所有数据经 SPSS 14.0 数学软件处理，差异显著性用 *t*-检验( $\alpha=0.05$ )。

# 2 结果与分析

## 2.1 饲料营养成分和脂肪酸组成

表 1 实验用配合饲料生化组分

Table 1 Proximate chemical composition of the experimental feed used in this study

指标	水分	粗蛋白	粗脂肪	灰分	总能/(MJ/kg)
含量/%	8.2	45.0	12.4	9.0	18.2

由表 1 可知，饲料中含粗蛋白 45.0%、粗脂肪 12.4%，总能为 18.2MJ/kg，能够满足花鲈生长所需的蛋白质、脂肪和能量需求<sup>[2]</sup>。饲料中共检测出 21 种脂肪酸(表 2)，包括 SFAs、MUFAs、*n*-6 系列 PUFAs 和 *n*-3 系列 PUFAs。SFAs、MUFAs、*n*-6 系列 PUFAs 和 *n*-3 系列 PUFAs 中含量最高的脂肪酸分别为 C<sub>16:0</sub>、C<sub>18:1 n-9</sub>、C<sub>18:2 n-6</sub> 和 DHA。这一脂肪酸构成与目前花鲈养殖中常用饲料脂肪酸构成相似<sup>[6]</sup>。

表 2 实验用配合饲料脂肪酸组成和含量

Table 2 Fatty acid composition of the experimental feed used in this study

脂肪酸	含量	脂肪酸	含量	脂肪酸	含量
C <sub>14:0</sub>	7.44	C <sub>20:1 n-9</sub>	1.48	C <sub>18:3 n-3</sub>	1.20
C <sub>16:0</sub>	17.74	C <sub>22:1 n-11</sub>	3.26	C <sub>20:5 n-3</sub>	11.61
C <sub>18:0</sub>	3.47	C <sub>24:1 n-9</sub>	1.16	C <sub>22:5 n-3</sub>	1.53
C <sub>20:0</sub>	0.68	MUFA	25.59	C <sub>22:6 n-3</sub>	16.39
C <sub>22:0</sub>	0.33	C <sub>18:2 n-6</sub>	10.06	<i>n</i> -3	30.73
C <sub>24:0</sub>	0.39	C <sub>18:3 n-6</sub>	1.82	PUFA	44.36
SFA	30.05	C <sub>20:2 n-6</sub>	0.45	<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	0.44
C <sub>14:1</sub>	1.12	C <sub>20:3 n-6</sub>	0.38	DHA/EPA	1.41
C <sub>16:1 n-7</sub>	7.21	C <sub>20:4 n-6</sub>	0.92	PUFA/ SFA	1.48
C <sub>18:1 n-9</sub>	11.36	<i>n</i> -6	13.63		

注：SFA.饱和脂肪酸；MUFA.单不饱和脂肪酸；PUFA.多不饱和脂肪酸。下同。

## 2.2 肌肉脂肪酸组成和含量

表 3 海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈肌肉脂肪酸分析( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

Table 3 Fatty acid composition of the muscles of seawater and freshwater Japanese sea basses ( $\bar{x} \pm s$ ,  $n=3$ )

脂肪酸	含量/%	
	海水养殖花鲈	淡水养殖花鲈
C <sub>14:0</sub>	3.23 ± 0.21 <sup>a</sup>	3.31 ± 0.45 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	18.62 ± 0.64 <sup>b</sup>	23.83 ± 0.74 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	5.22 ± 0.55 <sup>a</sup>	5.78 ± 0.31 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0.18 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>a</sup>
SFA	27.25 ± 0.85 <sup>b</sup>	33.14 ± 1.23 <sup>a</sup>
C <sub>14:1</sub>	0.34 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.32 ± 0.11 <sup>a</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	6.13 ± 0.52 <sup>a</sup>	4.82 ± 0.35 <sup>b</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	15.98 ± 1.22 <sup>a</sup>	15.53 ± 0.69 <sup>a</sup>
C <sub>20:1 n-9</sub>	3.21 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.62 ± 0.24 <sup>b</sup>
C <sub>22:1 n-11</sub>	0.07 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.01 <sup>a</sup>
C <sub>24:1 n-9</sub>	0.04 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>a</sup>
MUFA	25.77 ± 1.04 <sup>a</sup>	22.44 ± 0.67 <sup>b</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	8.33 ± 0.77 <sup>b</sup>	9.76 ± 1.05 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-6</sub>	0.78 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.10 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0.98 ± 0.18 <sup>b</sup>	2.05 ± 0.45 <sup>a</sup>
<i>n</i> -6	10.09 ± 1.04 <sup>b</sup>	13.13 ± 0.76 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	1.06 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.94 ± 0.18 <sup>a</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	8.22 ± 0.48 <sup>a</sup>	7.38 ± 0.22 <sup>b</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	1.27 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.09 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	26.34 ± 1.67 <sup>a</sup>	21.65 ± 1.44 <sup>b</sup>
<i>n</i> -3	36.89 ± 0.95 <sup>a</sup>	31.19 ± 1.52 <sup>b</sup>
PUFA	46.98 ± 1.57 <sup>a</sup>	44.32 ± 1.62 <sup>b</sup>
<i>n</i> -6/ <i>n</i> -3	0.27 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.03 <sup>a</sup>
DHA/EPA	3.20 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.93 ± 0.09 <sup>b</sup>
PUFA/SFA	1.72 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.09 <sup>b</sup>

注：同行数据肩标字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )，字母相同表示无显著差异( $P > 0.05$ )。

海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈肌肉脂肪酸种类基本相似(表 3)。二者肌肉中主要的 SFAs 为 C<sub>14:0</sub>、C<sub>16:0</sub> 和 C<sub>18:0</sub>；MUFAs 中 C<sub>18:1 n-9</sub> 和 C<sub>16:1 n-7</sub> 含量较高；C<sub>18:2 n-6</sub> 和 AA 为

含量较高的 *n*-6 系列 PUFAs; EPA 和 DHA 为主要的 *n*-3 系列 PUFAs。这一结果与已报道的大部分鱼类肌肉脂肪酸组成相似,也与所投喂的饲料中脂肪酸组成相吻合<sup>[7-8]</sup>。饲料脂肪酸组成通常可直接反映在投喂后养殖鱼类肌肉脂肪酸组成上<sup>[6]</sup>。HMSO(英国卫生部)推荐的人类食品中 *n*-6 系列和 *n*-3 系列 PUFA 比值最大安全上限 4.0,我国推荐标准为 4:1~6:1,长期摄食超过此限值的水产品本可能会引发心血管病症,从而对人体健康造成危害<sup>[9]</sup>。本实验中海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈肌肉 *n*-6/*n*-3 分别 0.27 和 0.42,均远低于 HMSO 推荐的最大限值。HMSO 同时推荐食品中 PUFA/SFA 最低安全值为 0.45<sup>[9]</sup>,本实验中海水和淡水花鲈肌肉中这一值分别为 1.72 和 1.34,均高于 HMSO 推荐的最低安全限值。因此根据 HMSO 推荐的 *n*-6/*n*-3 和 PUFA/SFA 值,无论是海水养殖花鲈还是淡水养殖花鲈肌肉均符合食品安营养要求。

虽然海水养殖花鲈和淡水养殖花鲈在肌肉脂肪酸种类上比较相似,但部分脂肪酸含量二者存在较大差别。海水养殖花鲈肌肉中 C<sub>16:1</sub> *n*-7、C<sub>20:1</sub> *n*-9、EPA、DHA 以及 MUFAs 和 *n*-3 PUFAs 含量均明显高于淡水组,而 C<sub>16:0</sub>、C<sub>18:2</sub> *n*-6、AA、SFAs 和 *n*-6 PUFAs 含量则显著低于淡水组。实验过程中两养殖水体均投喂相同配合饲料,造成上述肌肉脂肪酸含量差异的主要原因可能是养殖水体的盐度差异。在其他一些广盐性鱼类如遮目鱼<sup>[10]</sup>和虹鳟<sup>[11]</sup>上也发现养殖水体盐度差异造成鱼体肌肉脂肪酸组成和含量的改变。一般来说海水养殖鱼类较淡水养殖鱼类有较高的 *n*-3 PUFAs 和较低的 *n*-6 PUFAs<sup>[12]</sup>,本实验中海水养殖花鲈肌肉中的 *n*-3 PUFAs 含量大约是 *n*-6 PUFAs 的 3.7 倍,远远高于淡水养殖花鲈肌肉中这一比值(约为 2.4),同时亦高于其摄食饲料中二者比值(约为 2.3),表明海水养殖鲈鱼肌肉组织具有优先积累 *n*-3 系列 PUFAs 能力。这也进一步表明海水养殖鲈鱼较淡水养殖鲈鱼在脂肪酸水平具有更高的营养价值。相类似的现象在遮目鱼<sup>[10]</sup>、虹鳟<sup>[11]</sup>和大西洋鲑<sup>[13]</sup>中亦有报道。就 DHA/EPA 比值而言,来自两种养殖体的花鲈肌肉组织中 DHA/EPA 均超过 2.90,表明无论在海水还是淡水养殖条件下都优先积累 DHA 而不是 EPA。但无论是 EPA 还是 DHA,海水养殖花鲈中这两种脂肪酸含量均明显高于对应的淡水养殖花鲈中的水平。在 *n*-6 系列 PUFAs 中,淡水养殖花鲈肌肉中含有较高水平的 AA 水平,这可能与 AA 的生理功能有关。AA 是类花生酸(前列腺素、白三烯、血栓烷、羟脂肪酸等)的母体化合物。这

些物质参与渗透压调节和应激反射调控<sup>[12]</sup>。本研究中的淡水养殖环境对海水来源的花鲈苗种而言是一种逆境刺激,在淡水养殖条件下花鲈必须提高体内 AA 水平,以便适应淡水养殖环境。一些研究的结果也表明花鲈可以经淡化后在纯淡水中养殖,但其生长速度要明显慢于海水(盐度 25.0~30.0g/L)养殖个体<sup>[14]</sup>。本实验养殖结果也表明海水环境更适合花鲈的生长[12 个月海水养殖花鲈体重(668.7 ± 42.6)g,淡水养殖花鲈体重(534.2 ± 39.5)g]。

#### 参考文献:

- [1] 林意斌,薛阿民. 花鲈养殖技术[J]. 河北渔业, 2008(1): 30.
- [2] 高淳仁,刘庆慧,梁亚群,等. 鲈鱼幼鱼人工配合饲料中蛋白质、脂肪适宜含量研究[J]. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 81-85.
- [3] 苏传福. 花鲈的营养需求研究进展[J]. 江西饲料, 2005(4): 19-21.
- [4] 王远红,吕志华,高天翔,等. 中国花鲈与日本花鲈营养成分的研究[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(2): 35-39.
- [5] AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists[B]. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1996.
- [6] XUE M, LOU L, WU X F, et al. Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acid composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*)[J]. Aquaculture, 2006, 260: 206-214.
- [7] RASOARAHONA J R E, BARNATHAN G, BIANCHINI J P, et al. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar[J]. Food Chem, 2005, 91: 683-694.
- [8] FRANCIS D S, TURCHINI G M, JONES P L, et al. Effects of fish oil substitution with a mix blend vegetable oil on nutrient digestibility in Murray cod, *Maccullochella peelii*[J]. Aquaculture, 2007, 269(1/4): 447-455.
- [9] UK HMSO. Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No. 46)[R]. London: HMSO, 1994.
- [10] JANA S N, GARG S K, PATRA B C. Effect of inland water salinity on growth performance and nutritional physiology in growing milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): field and laboratory studies[J]. J Appl Ichthyol, 2006, 22(1): 25-34.
- [11] HALILOGLU H I, BAYIR A, SIRKECIOGLU A N, et al. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater[J]. Food Chem, 2004, 86(1): 55-59.
- [12] SARGENT J R, BELL J G, MCEVOY L A, et al. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish[J]. Aquaculture, 1999, 177(1/4): 191-199.
- [13] ASHILD K, ANNE S, JAN J O. Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digest and metabolize nutrients differently: Effects of water salinity and dietary starch level[J]. Aquaculture, 2004, 229(1/4): 335-360.
- [14] 王友慧. 花鲈大规模苗种淡化培育实验[J]. 水产养殖, 2005, 26(3): 19-20.