

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2016.15214

半滑舌鳎不同家系肌肉中脂肪酸含量的分析

张永珍^{1,2}, 杨英明¹, 王磊¹, 刘峰^{1,2}, 李仰真¹, 翟毓秀¹, 孙伟红¹, 陈松林¹

1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071;

2. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306;

3. 海洋科学与技术国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266023

摘要: 为了研究半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)不同家系肌肉中脂肪酸的组成与含量, 并选育出高营养品系的半滑舌鳎家系, 用气相色谱法对同一养殖环境中的半滑舌鳎 15 个不同家系(164 个样本)肌肉中的脂肪酸的组成和含量进行了检测和比较分析, 同时对高 EPA、DHA、EPA+DHA 含量的家系进行筛选, 并研究了半滑舌鳎性别与 EPA、DHA 含量的关系。结果表明: (1) 15 个家系肌肉中脂肪酸种类没有区别, 但脂肪酸的组成和含量存在若干差异。其特征均为多不饱和脂肪酸(PUFA)>饱和脂肪酸(SFA)>单不饱和脂肪酸(MUFA)。PUFA 以 ω -3 系脂肪酸为主, 且 ω -3 系脂肪酸与 ω -6 系脂肪酸比值达到 4.16~5.03, 其中的 2 种重要 ω -3 系脂肪酸 EPA 和 DHA 在 15 个家系中均具有显著性差异, 且 DHA 含量远大于 EPA 含量; 筛选出了 3 个高 EPA、DHA、EPA+DHA 含量家系, 分别为 F13012、F13023 及 F13031。(2) EPA 的含量与半滑舌鳎性别不具有显著性相关关系。本研究对于选育半滑舌鳎优良品种家系具有重要意义。

关键词: 半滑舌鳎; 家系; 脂肪酸; EPA; DHA; 性别

中图分类号: S96

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2016)02-0417-08

半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)属鲽形目(*Pleuronectiformes*)、舌鳎科(*Cymoglossus robustus*)、舌鳎属。俗称龙利、鳎米、牛舌头, 为中国近海常见的暖温性大型底层鱼类, 主要分布于渤海和黄海海域^[1]。半滑舌鳎是中国已报道的 25 种舌鳎属种类中个体最大的一种, 其生长速度快, 肉质细腻、鲜美, 营养丰富, 经济价值非常高^[2]。但是半滑舌鳎雌鱼和雄鱼个体的生长差异极大, 雌鱼比雄鱼生长快 2~4 倍^[3]。

脂肪酸根据其不饱和程度可以分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸, 多不饱和脂肪酸按其结构又可分为 ω -3 系和 ω -6 系脂肪酸, 前者包含 α -亚麻酸、EPA (二十碳五烯酸)和 DHA (二十二碳六烯酸, 俗称“脑黄金”)等, 后者

包含亚油酸等, 均是人体生命活动的必需脂肪酸。随着人类保健意识的增强, 人们对 EPA 和 DHA 的营养价值有了比较深入的了解。婴幼儿体内虽然能合成 DHA, 但是其含量不足以满足婴幼儿的大脑发育及生物膜结构和功能的合成与发挥, 因此孕妇及哺乳期妇女需要从膳食中获取 ω -3 系多不饱和脂肪酸以促进宝宝更好的发育^[4]。调查发现, 爱斯基摩人患心血管疾病及乳腺癌、直肠癌的几率比其他地区低很多, 是因为他们长期食用的富含 EPA 和 DHA 的海洋产品, 可降低癌症的发生转移几率及肿瘤的生长速度^[5]。此外, EPA 和 DHA 还对降低二型糖尿病、高血压、动脉粥样硬化、炎症等发病率都具有重要的作用。人体内无法从头合成 ω -3 脂肪酸, 虽然可以使用 α -亚

收稿日期: 2015-07-02; 修订日期: 2015-08-26.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31130057); 山东省泰山学者攀登计划专项资助。

作者简介: 张永珍, (1990-), 女, 硕士研究生, 主要从事: 海洋生物技术研究. E-mail: zyzyhenyz@163.com

通信作者: 陈松林, 研究员. E-mail: chensl@ysfri.ac.cn

麻酸作为原料合成 EPA 和 DHA, 但是随着人年龄的增长及一些病理因素的影响, 大脑中 $\Delta 6$ 去饱和酶的活性降低, 合成的 ω -3 脂肪酸的量远远不能满足机体的需要, 因此必须从食物中摄取^[6]。但是富含 EPA 和 DHA 的脂类并不多, 水产品是自然状态下 EPA 和 DHA 非常重要的来源之一^[7]。而半滑舌鳎本身便具有较高的营养价值, 因此研究测定半滑舌鳎不同家系间多不饱和脂肪酸 EPA 和 DHA 含量, 对选育高 EPA 和 DHA 家系具有重要的意义。本文对半滑舌鳎不同家系肌肉中脂肪酸的组成和含量进行了测定与分析, 并研究了半滑舌鳎性别与 EPA、DHA 及 EPA+DHA 含量的关系, 旨在选育出优良的半滑舌鳎家系品种, 为半滑舌鳎优质良种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料样品

半滑舌鳎家系为本实验室 2013 年在山东省海阳市黄海水产有限公司建立的, 家系建立方法参照陈松林等^[8]报道的方法进行。家系鱼苗经荧光标记后混合养殖在同一个水泥池中, 按照常规方法投喂配合饲料, 进行苗种和成鱼的养殖管理(投喂轮虫、卤虫进行苗种的养成, 成鱼投喂配合饲料)。随机采取 15 个家系共 164 尾一龄半成鱼, 平均每个家系 8~12 尾鱼, 进行体重的测定及脂肪酸含量的测定与分析。

1.2 样品处理

将随机采取的 164 尾半滑舌鳎分别取每条鱼的背部肌肉装管, 编号 1~164 号。用搅拌机将采取的半滑舌鳎肌肉组织样品进行搅碎混匀, 然后放于台式多功能冻干机-50℃条件下进行真空冻干, 72 h 后取出冻干的肌肉组织用搅拌机搅碎成粉末状, 称重, 继续放回冻干机进行真空冻干, 48 h 后取出再次称重, 直到肌肉组织样品干重不再变化, -20℃密封储存, 每管取等量样品待测。

1.3 脂肪酸含量的测定

使用水解提取-气相色谱法测定半滑舌鳎肌肉组织样品中脂肪酸的含量(GB/T 22223—2008)。

加入内标物十一碳酸甘油三酯的样品经水解-乙醚溶液提取食品中的脂肪, 在碱性条件下皂化和甲酯化, 生成脂肪酸甲酯(内标物十一碳酸甘油三酯同时转化为十一碳酸甲酯), 经毛细管气相色谱, 内标法定量测定脂肪酸甲酯含量。依据各种脂肪酸甲酯含量和转换系数计算出总脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量。色谱分析条件: 色谱柱, 毛细管色谱柱(交联键合固定相, 含 50%氰丙基)(60 m×0.25 mm, 0.25 μm)。进样器温度 270℃, 检测器温度 280℃; 恒温 215℃保持 12 min; 载气为氮气; 分流比为 50:1; 进样体积为 1.0 μL。

1.4 脂肪酸含量的计算结果及数据处理

脂肪酸含量的计算: $X_i = F_i \times A_i / A_{c11} \times c_{c11} \times V_{c11} \times 1.0067 / m \times 100$; 其中 X_i 表示样品中脂肪酸甲酯 i 的含量(%); F_i 表示脂肪酸甲酯 i 的响应因子; A_i 表示样品中脂肪酸甲酯 i 的峰面积; A_{c11} 代表样品中加入的内标物十一碳酸甲酯峰面积; c_{c11} 表示十一碳酸甘油三酯的浓度, 单位为 mg/mL; V_{c11} 表示样品中加入十一碳酸甘油三酯的体积, 单位为 mL; 1.0067 表示十一碳酸甘油三酯转化为十一碳酸甲酯的转换系数; m 表示样品的质量, 单位为 mg。

实验数据采用 SPSS17.0 软件进行分析, 体重数据以平均值±标准差($\bar{x} \pm SD$)表示, 并采用 one-Way ANOVA 法检验数据间差异性的显著程度, 用 Duncan 多重分析法进行比较。

2 结果与分析

2.1 半滑舌鳎不同家系肌肉中脂肪酸含量的组成与分析

半滑舌鳎各家系肌肉的脂肪酸组成与分析如表 1 所示。本实验所有的半滑舌鳎家系肌肉中均检测出 21 种脂肪酸, 包括饱和脂肪酸(SFA)6 种, 单不饱和脂肪酸(MUFA)7 种, 以及多不饱和脂肪酸(PUFA)8 种。所有家系 PUFA 含量(26.423%~57.439%)>SFA 含量(18.897%~35.590%)>MUFA 含量(18.637%~38.159%)。不同家系饱和脂肪酸主要包含 C14 0、C16 0、C18 0, 含量最高的是棕

桐酸(C16 0), 为 20%~21.42%, 且家系间无显著性差异; 单不饱和脂肪酸含量最高的为油酸(C18 1n9), 13.29%~15.08%, 且家系间具有极显著性差异; , 多不饱和脂肪酸(PUFA)中包含了 EPA (C20 5n-3) 4.669%~9.519%、DHA (C22 6n-3) 13.022%~20.905%、DPA (C22 5n3) 3.109%~5.846%、亚油酸(C18 2n6) 3.752%~6.235%、ARA 花生四烯酸(C20 4n6) 0.865%~2.340%等重要的

脂肪酸, 且均具有显著性差异($P<0.05$)。ω-3/ω-6 系脂肪酸比值为 4.16~5.03, 具有极显著性差异($P<0.01$)。变异系数也是衡量数据变异程度的一个特征数, 其可以消除平均数差异很大及单位不同的样本引起的影响, 以标准差与平均数的比值来表示。所有的脂肪酸种类中变异系数明显高于其他种类脂肪酸的是 C18 1n7、C18 4n3, 分别为 66.436%、79.891%。

表 1 半滑舌鳎不同家系肌肉脂肪酸含量描述性统计及各种脂肪酸与不同家系间的相关关系

Tab. 1 Descriptive statistics for comparison on the fatty acids composition in muscle of fifteen tongue sole stocks and the correlation among fatty acids and families

脂肪酸 fatty acid	最大值/% maximum	最小值/% minimum	平均值/% mean	标准差/% SD	变异系数/% CV	家系间显著性 significance
C14 0	4.858	2.068	3.639	0.465	12.785	*
C15 0	0.611	0.378	0.513	0.047	9.118	**
C16 0	22.402	13.052	20.489	0.982	4.792	
C17 0	0.557	0.223	0.471	0.044	9.398	
C18 0	8.712	2.734	5.776	1.114	19.288	**
C20 0	1.021	0.183	0.452	0.096	21.239	
C17 1	1.141	0.264	0.375	0.083	22.110	
C18 1n9	17.451	11.554	14.525	1.102	7.588	**
C18 1n11	5.147	2.892	3.983	0.221	5.539	
C16 1n9	7.266	2.908	5.261	0.729	13.857	**
C18 1n7	1.170	0.128	0.171	0.114	66.436	
C20 1n7	1.715	0.752	1.281	0.167	13.047	**
C22 1n9	1.701	0.529	1.031	0.259	25.170	**
C16 4n3	0.355	0.156	0.216	0.033	15.376	
C18 2n6	6.235	3.752	5.139	0.615	11.975	**
C18 3n3	1.356	0.568	0.927	0.163	17.567	**
C18 4n3	1.0885	0.440	1.011	0.808	79.891	
C20 4n6	2.340	0.865	1.389	0.253	18.230	*
EPA	9.519	4.669	6.718	0.760	11.313	*
C22 5n3	5.846	3.109	4.283	0.541	12.637	**
DHA	20.905	13.022	16.196	1.527	9.430	**
ΣSFA	38.159	18.637	31.340	2.667	8.510	**
ΣMUFA	35.590	18.897	26.538	2.601	9.803	**
ΣPUFA	57.439	26.423	35.801	4.386	12.251	
EPA+DHA	30.4235	17.6905	22.86812801	2.833381257	12.390	*
ω-3/ω-6	5.005	4.182	4.521	0.288	6.365	**

注: ΣSFA 表示饱和脂肪酸总量, ΣMUFA 表示单不饱和脂肪酸总量, ΣPUFA 表示多不饱和脂肪酸总量, EPA+DHA 表示 EPA 和 DHA 总量, ω-3/ω-6 表示 ω-3 系与 ω-6 系不饱和脂肪酸的比值。 “*”表示不同家系间差异显著($P<0.05$), “**”表示不同家系间差异极显著($P<0.01$)。

Note: ΣSFA means the total content of saturated fatty acids; ΣMUFA indicates the total content of monounsaturated fatty acids; , ΣPUFA means the total polyunsaturated fatty acids; EPA+DHA indicates the content of EPA plus DHA. ω-3 / ω-6 indicates the ratio unsaturated fatty acids of ω-3 and ω-6 series. “*” donates significant difference of different families ($P<0.05$); “**” donates extremely significant difference of different families ($P<0.01$).

2.2 半滑舌鲷不同家系肌肉组织中 EPA 和 DHA 含量的分析

从半滑舌鲷 15 个家系肌肉中的 EPA 和 DHA 总体水平来看, DHA 的平均含量(16.196 ± 1.527)% 远远高于 EPA 的平均含量(6.718 ± 0.760)%。不同家系间 EPA 含量具有显著性差异, DHA 含量具有极显著性差异(表 1)。Duncan 多重比较结果显示, 家系 F13023 中 EPA 的含量最高且显著高于 F13011、F13022、F13100、F13191、F13281 和 F13282 家系($P < 0.05$)(图 1), 但与 F13012、F13031、F13052、F13121、F13122、F13123、F13251 和 F13221 家系没有显著性差异($P > 0.05$)。DHA 含量最高的两个家系 F13031 和 F13100, 极显著高于 F13011、F13052、F13121、F13122、F13123、F13191、F13221、F13251 和 F13282 家系($P < 0.01$)但与 F13012、F13100 和 F13281 家系之间差异不显著($P > 0.05$)(图 2)。EPA 和 DHA 总含量最高的家系为 F13023, 显著高于 F13011、F13052、F13123、F13191 和 F13282 家系($P < 0.05$), 与 F13012、F13031、F13121、F13122、F13022、F13100、F13221、F13281 和 F13251 家系间没有显著性差异($P > 0.05$)(图 3)。半滑舌鲷家系 F13012、F13023 与 F13031 之间, 无论是在 EPA 含量、

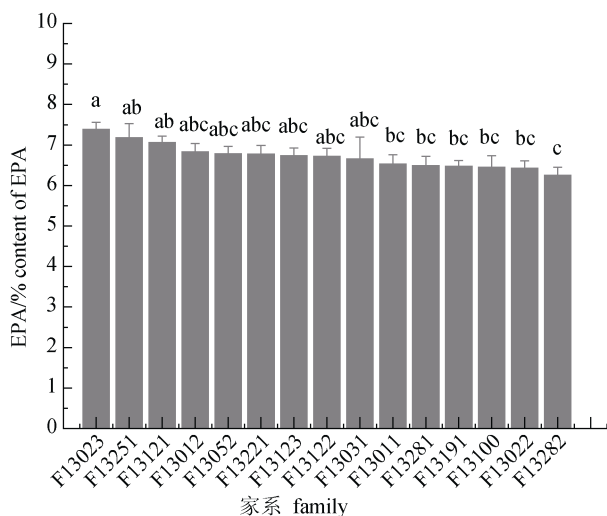


图 1 半滑舌鲷不同家系 EPA 含量

柱上不同字母表示不同家系间 EPA 含量的差异显著 ($P < 0.05$).

Fig. 1 Content of EPA in different tongue sole families. Different letters on the bars indicate significant difference of the content of EPA between different families ($P < 0.05$).

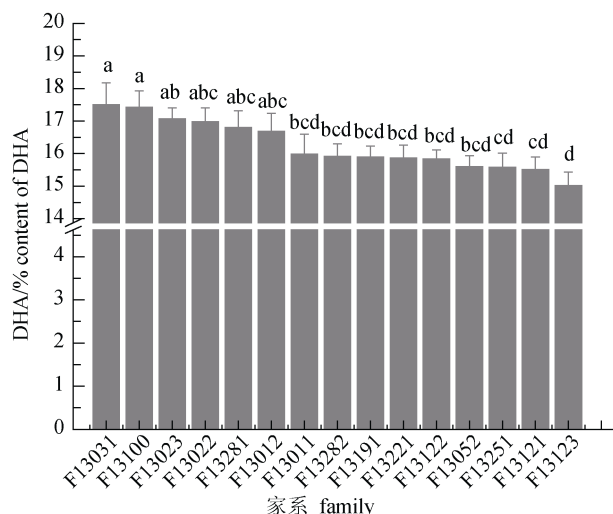


图 2 半滑舌鲷不同家系 DHA 含量

柱上不同字母表示不同家系间 DHA 含量差异极显著 ($P < 0.01$).

Fig. 2 Content of DHA in different tongue sole families. Different letters on the bars indicate extremely significant difference of the content of DHA between different families ($P < 0.01$).

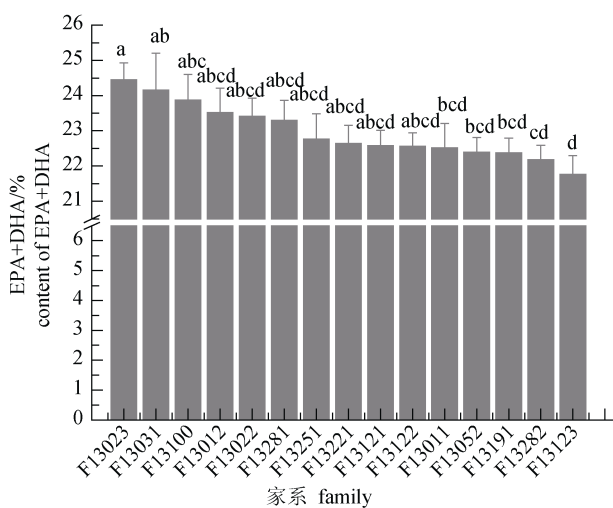


图 3 半滑舌鲷不同家系 EPA+DHA 总含量

柱上不同字母表示不同家系间 EPA+DHA 含量差异显著 ($P < 0.05$).

Fig. 3 Content of EPA plus DHA in different tongue sole families.

Different letters on the bars indicate significant difference of the content of EPA plus DHA between different families ($P < 0.05$).

DHA 含量, 还是 EPA 与 DHA 总含量中均没有显著性差异。

2.3 半滑舌鲷性别与 EPA、DHA 含量的关系

变异系数描述了数据的离散程度, 其值越高,

表示数据结构越离散。表 2 中两者的变异系数均较高, 且雌鱼的变异系数高于雄鱼的变异系数, 并且雌鱼的平均体重 165.156 g, 为雄鱼体重 68.798 g 的 2.4 倍。半滑舌鳎肌肉中 EPA 的含量在雌鱼与雄鱼之间无显著性差异; DHA 含量在雌鱼与雄鱼中表现出一定的差异(表 3)。

表 2 半滑舌鳎性别相关的体重描述性统计
Tab. 2 Descriptive statistics for the body weight and gender correlation of tongue sole

性别 gender	样本量 number	最大值 maximum	最小值 minimum	标准差 SD	平均值 mean	变异系数/% CV
雌鱼 female	73	334.2	32.6	81.554	165.156	49.380
雄鱼 male	91	110.4	28.4	20.913	68.798	30.397

表 3 半滑舌鳎性别与 EPA 及 DHA 含量的相关性
Tab. 3 Correlation of gender with EPA and DHA in half smooth tongue sole

不饱和脂肪酸 PUFA	雌鱼/% female	雄鱼/% male
EPA	6.763±0.733	6.689±0.789
DHA	15.686±1.356	16.599±1.557

3 讨论

3.1 半滑舌鳎肌肉中脂肪酸含量的组成与分析

本文所研究的半滑舌鳎肌肉中的 21 种脂肪酸组成中 C18 1n7、C18 4n3 的变异系数分别为 66.436%、79.891%, 明显高于其他种类脂肪酸, 可能是由于其在总脂肪酸中的含量比较微量, 测定过程中误差比较大而导致的数据结构比较离散。饱和脂肪酸中 C14 0、C16 0、C18 0 的含量占饱和脂肪酸的绝大部分, 但以 C16 0 含量为最高且不同家系间不具有显著性差异, 这与人研究的其他海水鱼的结果一致^[9], 虽然饱和脂肪酸通常被认为是一种对身体有害的脂肪酸, 但是棕榈酸在牛乳和人乳中分别占总乳脂的 26.3%和 22.6%, 说明棕榈酸是一种基础脂肪酸, 而且有降低血清中胆固醇含量的作用^[10]。单不饱和脂肪酸中的油酸, 近年来的研究表明其具有降低血糖和胆固醇含量的作用^[11], 其只会降低低密度脂蛋白(LDL)胆固醇, 而把高密度脂蛋白胆固醇留下来。但是也有人认为, 单不饱和脂肪酸对胆固醇的表观降低效果是一种替代作用, 例如用单不饱和脂肪酸替代食物中的饱和脂肪酸会导致胆固醇水平降低, 但这并不是单不饱和脂肪酸的特殊功能, 而是饱和脂肪酸含量降低

的结果^[12]。本研究中 ω -3/ ω -6 系不饱和脂肪酸的比值为 4.16~ 5.03, ω -3/ ω -6 的比值与半滑舌鳎的活动性有一定关系^[13]。此外, 人的饮食中以保健为目的推荐的 ω -6/ ω -3 比值为 4 1~6 1, 然而现在人们的膳食比例中 ω -6/ ω -3 严重失衡甚至达到了 10 1, ω -6 含量过高会造成 ω -3 摄入量不足, 过量的 ω -6 会使血液黏度升高导致一些其他的代谢疾病从而影影响机体健康, 所以我们需要在膳食中合理地增加 ω -3 系脂肪酸的摄入。因此, 摄取适量的半滑舌鳎能够弥补人类日常膳食中 ω -6 和 ω -3 系脂肪酸摄入不均衡的问题。

3.2 半滑舌鳎中高 EPA、DHA 含量家系的选择分析

EPA 和 DHA 是人类及鱼类(尤其是海洋鱼类)体内十分重要的必需脂肪酸^[14]。而且相比于其他鱼类, 半滑舌鳎的 EPA、DHA 含量比较高, 为人类理想的保健品^[15]。在防治心脑血管疾病、降低 II 型糖尿病患者血糖、提高机体免疫系统功能、减少炎症反应、抗击肿瘤反应等方面具有重要的作用^[16]。EPA 和 DHA 作为 ω -3 系重要的不饱和脂肪酸是肌肉中重要的营养成分, 而肌肉的品质是衡量鱼类经济价值的重要指标^[17]。然而国内所做的肉质改良的手段基本限于对远缘杂交后代与亲本种类所做的分析比较^[18]。某些研究表明,

鱼类肉质和抗病免疫遗传变异比较低^[19], 因此为了获得更好的遗传进展, 对低遗传性状进行家系选择是更好的方法^[20]。本研究所用的 15 个家系均随机取自于同一养殖池, 其养殖环境、饲养条件、日常管理方法都相同, 因此样本的测定与分析排除了环境因素的差异, 所得家系间差异便代表了遗传差异。Duncan 多重比较分析结果显示, 家系 F13012、F13023、F13031 的 EPA、DHA、EPA+DHA 的含量均比较高, 且 3 个家系之间没有显著性差异, 因此可以认为 F13012、F13023、F13031 家系为 15 个家系中富含 EPA 和 DHA 的优良品种家系。因此, 我们下一步可以追溯 F13012、F13023 与 F13031 家系亲本, 或者继续对 F13012、F13023 及 F13031 家系进行合理饲养, 以其作为亲本建立家系来选育高 EPA、DHA 含量的优质良种家系后代, 这对于培育优良的水产品品种具有重要的意义。

3.3 半滑舌鲷性别与 EPA、DHA 含量的相关性初步分析

本文中所测定的半滑舌鲷体重中雌鱼的平均值是雄鱼体重平均值的 2.4 倍, 这与前人的研究结果一致^[3]。雌鱼体重的变异系数高于雄鱼体重的变异系数, 说明雌鱼体重的个体差异大于雄鱼。分析结果初步表明, EPA 的含量与半滑舌鲷鱼体的性别不具有相关性, 而 DHA 的含量与半滑舌鲷鱼体的性别表现出现一定相关性, 但 EPA、DHA 的含量与半滑舌鲷性别的相关性, 还有待于进一步扩大样本量进行研究。

本研究对开展半滑舌鲷高 EPA、DHA 含量家系的选择育种工作具有重要的理论意义, 对培育半滑舌鲷优质良种打下了重要基础。

参考文献:

- [1] Liu X Z, Zhuang Z M, Ma A J, et al. Reproductive biology and breeding technology of *Cynoglossus semilaevis* Günther[J]. Marine Fisheries Research, 2005, 26(5): 7-14. [柳学周, 庄志猛, 马爱军, 等. 半滑舌鲷繁殖生物学及繁育技术研究[J]. 海洋水产研究, 2005, 26(5): 7-14.]
- [2] Niu H X, Chang J, Ma S, et al. The biology and cultural ecology of *Cynoglossus semilaevis* Günther[J]. Fisheries Science, 2007, 26(7): 425-426. [牛化欣, 常杰, 马甦, 等. 半滑舌鲷生物学及养殖生态学研究进展[J]. 水产科学, 2007, 26(7): 425-426.]
- [3] Zhao C M, Du W, Gao X D. The latest progress of breeding whole female flatfish in China[J]. China Fisheries, 2011(6): 59-62. [赵春民, 杜伟, 高晓东. 我国鲆鲷类全雌苗种技术研究最新进展[J]. 中国水产, 2011(6): 59-62.]
- [4] Salem N, Wegher B, Mena P, et al. Arachidonic and docosahexaenoic acids are biosynthesized from their 18-carbon precursors in human infants[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1996, 93(1): 49-54.
- [5] Nordøy A, Marchioli R, Arnesen H, et al. n-3 Polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases: To whom, how much, preparations[J]. Lipids, 2001, 36(Supplement 1): S127-S129.
- [6] Bourre J M E, Dumont O L, Piciotti M J, et al. Comparison of vegetable and fish oil in the provision of N-3 polyunsaturated fatty acids for nervous tissue and selected organs[J]. J Nutr Biochem, 1997, 8(8): 472-478.
- [7] Wang L H, Huo G C. The biologic function of ω -3 unsaturated fatty acid[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2001, 32(1): 100-104. [王利华, 霍贵成. ω -3 不饱和脂肪酸的生物学作用[J]. 东北农业大学学报, 2001, 32(1): 100-104.]
- [8] Chen S L, Du M, Yang J F, et al. Development and characterization for growth rate and disease resistance of families in half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(12): 1789-1794. [陈松林, 杜民, 杨景峰, 等. 半滑舌鲷家系建立及其生长和抗病性能测定[J]. 水产学报, 2010, 34(12): 1789-1794.]
- [9] Lin L M, Chen W. Fatty acid composition and nutrition evaluation in muscle of five cultured marine fish[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2005, 20(Suppl.): 67-69. [林利民, 陈武. 5 种海水养殖鱼类肌肉脂肪酸组成分析及营养评价[J]. 福建农业学报, 2005, 20(增刊): 67-69.]
- [10] Chen Y J, Ju X R, Zhou G H. Classification and physiological function of saturated fatty acids[J]. China Oils and Fats, 2008, 33(3): 35-39. [陈银基, 鞠兴荣, 周光宏. 饱和脂肪酸分类与生理功能[J]. 中国油脂, 2008, 33(3): 35-39.]
- [11] Mattson F H. The monounsaturated fatty acids function[J]. Foreign Medical Sciences (Section Hygiene), 1990(3): 160-163. [Matt Son F H. 单不饱和脂肪酸的作用[J]. 柴宁宁, 译. 国外医学: 卫生学分册, 1990(3): 160-163.]
- [12] Wang W, Zhang W M. The functional characteristics of monounsaturated fatty acids[J]. Food and Nutrition in China, 2005(4): 44-46. [王炜, 张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性[J]. 中国食物与营养, 2005(4): 44-46.]

- [13] Li D Q. Analysis of fatty acid composition of twenty sea fishes and prawn in China[J]. Journal of Fisheries of China, 1989, 13(2): 157–159. [李淡秋. 中国20种海水鱼虾脂肪酸组成的分析研究[J]. 水产学报, 1989, 13(2): 157–159.]
- [14] Shu M A, Ma Y Z, Zhang J C. An analysis of the nutritive composition in muscle of monopterus albus[J]. Journal of Fisheries of China, 2000, 24(4): 339–344. [舒妙安, 马有智, 张建成. 黄鳝肌肉营养成分的分析[J]. 水产学报, 2000, 24(4): 339–344.]
- [15] Ma A J, Liu X F, Zhai Y X, et al. Biochemical composition in muscle of wild and cultivated tongue sole (*Cynoglossus semilaevis* Günther)[J]. Marine Fisheries Research, 2006, 27(2): 49–54. [马爱军, 刘新富, 翟毓秀, 等. 野生及人工养殖半滑舌鳎肌肉营养成分分析研究[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(2): 49–54.]
- [16] Cao W T, Sun P, Li H Y, et al. The research development of n-3 polyunsaturated fatty acids in different disease[J]. Shanxi Medical Journal, 2014, 43(14): 1668–1670. [曹文婷, 孙萍, 李华艳, 等. n-3 多不饱和脂肪酸在不同疾病中的研究进展[J]. 山西医药杂志, 2014, 43(14): 1668–1670.]
- [17] Lin L M, Wang Q R, Wang Z Y, et al. Comparison of biochemical compositions of muscle among three stocks and wild-caught large yellow croaker *Pseudosciaena crocea*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(2): 286–291. [林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较[J]. 中国水产科学, 2006, 13(2): 286–291.]
- [18] Pan W Z, Yin H B, Sun Z W, et al. Evaluation of muscular nutriment of hybrid (*Silurus soldatoui* G. ♀ × *Parasilurus asotus* L. ♂)[J]. Chinese Journal of Fisheries, 1998, 11(2): 13–16. [潘伟志, 尹洪滨, 孙中武, 等. 杂交鲢(怀头鲢♀×鲢鱼♂)及其亲本肌肉营养成分分析[J]. 水产学杂志, 1998, 11(2): 13–16.]
- [19] Gjedrem T. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish[J]. Aquaculture, 1983, 33(1–4): 51–72.
- [20] Wu Z Q. Genetics and Breeding in Aquaculture[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 1991. [吴仲庆. 水产生物遗传育种学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1991.]

Comparative study of the muscle fatty acid composition of different families of half smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*)

ZHANG Yongzhen^{1,2}, YANG Yingming¹, WANG Lei¹, LIU Feng^{1,2}, LI Yangzhen¹, ZHAI Yuxiu¹, SUN Weihong¹, CHEN Songlin¹

1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Laboratory for Marine Fisheries, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266023, China

Abstract: Half smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) is a large bottom-dwelling fish that lives in warm water, mainly distributed along the coast of the Bohai Sea and Yellow Sea in China. The half smooth tongue sole is large, grows fast, has a favorable flesh quality and high economic value, and is appreciated by consumers. EPA and DHA are ω -3 polyunsaturated fatty acids that are appreciated for their nutritional and human health values. Pregnant and breast-feeding woman require ω -3 polyunsaturated fatty acids in their diet to promote their baby's development. EPA and DHA lower the incidence of type II diabetes mellitus, hypertension, atherosclerosis and inflammation. Although algal oil may be used as a raw material to synthesize EPA and DHA, increasing age and pathological factors mean that the amount of synthesized ω -3 polyunsaturated fatty acids may be insufficient for some tissues and organs, and must be obtained from food intake. Natural aquatic products are very important sources of EPA and DHA. Therefore, it is necessary to determine the EPA and DHA contents to improve farmed fish quality. To study the composition and content of fatty acids in muscles of different half smooth tongue sole families and bred strains, 164 samples from 15 different half smooth tongue sole families were cultivated in the same environment. The muscle fatty acid composition and content of the 164 samples were tested using a gas chromatograph and analyzed comparatively to identify families with high contents of EPA, DHA and EPA+DHA, and to study the relationship between gender and the contents of EPA, DHA and EPA+DHA. There were no significant differences in patterns and types of fatty acids among the different families, while there were significant differences in fatty acid contents. The fatty acid content characteristic of all families was the same: PUFA (polyunsaturated fatty acids) > SFA (saturated acids) > MUFA (monounsaturated fatty acids). The predominant PUFAs were ω -3 polyunsaturated fatty acids. The ratio of ω -3/ ω -6 ranged from 4.16 to 5.03. The contents of EPA and DHA were all significantly correlated among families and three high-content families, F13012, F13023 and F13031, were identified. There were no significant correlations between EPA and the gender of the fish; however, there were significant correlations between the gender of the fish and the contents of DHA and EPA+DHA. The contents of DHA and EPA+DHA in males were significantly higher than in females, which will be important for selecting and improving cultivated varieties.

Key words: *Cynoglossus semilaevis*; family; fatty acid; EPA; DHA; sex

Corresponding author: CHEN Songlin. E-mail: chensl@ysfri.ac.cn