

Analysis of Nutritional Composition in Muscles of *Epinephelus moara*, *Epinephelus septemfasciatus* and Their Hybrid F₁

Yanlu Li¹, Chao Chen^{1*}, Leiming Wu², Zhenxin Song¹, Limin Lin³, Jieming Zhai⁴

¹Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao Shandong

²College of Fisheries and Science, Shanghai Ocean University, Shanghai

³Key Laboratory of Healthy Mariculture for the East China Sea, Xiamen Fujian

⁴Laizhou Mingbo Fisheries Limited Company, Yantai Shandong

Email: ysfriyanlu@126.com, *ysfrichenchao@126.com

Received: Jun. 10th, 2016; accepted: Jun. 25th, 2016; published: Jun. 30th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to determine and compare the nutritional composition and differences in *Epinephelus moara*, *Epinephelus septemfasciatus* and their hybrids F₁, nutrients, amino acids, fatty acids, minerals and trace element were analyzed in muscle of three kinds of grouper which were 6-month-old. The results showed that the contents of crude protein (17.40%) and fat (5.40%) in *Epinephelus septemfasciatus* were the highest in this three kinds of grouper, and the contents of moisture (77.00%) in hybrids F₁ was the highest; the contents of total amino acids (13.11%), essential amino acids (4.88%) and delicious amino acids (4.13%) levels in muscle of *E. septemfasciatus* were highest, and the proportion was most appropriate; the ratio of polyunsaturated fatty acids (PUFA) and saturated fatty acid (SFA) were all ideal fatty acid of three kinds of grouper; the contents of polyunsaturated fatty acids (33.50%), EPA and DHA (16.13%) were the highest in hybrids F₁; the contents of monounsaturated fatty acids (36.23%) was the highest in *E. septemfasciatus*; the contents of copper, calcium, potassium, phosphorus, magnesium were highest in *E. septemfasciatus*, and the contents of iron sodium were highest in hybrid F₁; the contents of zinc were highest in *E. moara*. The research showed that these three kinds of grouper all had a high nutritional value; *E. septemfasciatus* was the most high-quality protein source; the hybrid F₁ and *E. septemfasciatus* had a high nutritional and economic value.

Keywords

E. moara, *E. septemfasciatus*, Hybrid F₁, Nutritional Composition, Amino Acids, Fatty Acids

*通讯作者。

云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交F₁肌肉营养成分分析

李炎璐¹, 陈超^{1*}, 吴雷明², 宋振鑫¹, 林利民³, 翟介明⁴

¹中国水产科学研究院黄海水产研究所农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东 青岛

²上海海洋大学水产与生命学院, 上海

³农业部东海海水健康养殖重点实验室, 福建 厦门

⁴莱州明波水产有限公司, 山东 烟台

Email: ysfriilianlu@126.com, ysfriichenchao@126.com

收稿日期: 2016年6月10日; 录用日期: 2016年6月25日; 发布日期: 2016年6月30日

摘要

为确定并比较云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)、七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)及其云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*) ♀ × 七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*) ♂ 杂交F₁的营养成分及差异, 对3种石斑鱼的6月龄幼鱼进行肌肉营养成分、氨基酸、脂肪酸、矿物质和微量元素的组成及含量分析。结果表明, 七带石斑鱼粗蛋白(17.40%)和粗脂肪(5.40%)含量最高, 杂交F₁水分(77.00%)含量最高; 七带石斑鱼肌肉中总氨基酸(13.11%)含量、必须氨基酸(4.88%)含量以及鲜味氨基酸(4.13%)含量均最高, 并且比例最为适宜; 3种石斑鱼多不饱和脂肪酸(PUFA)与饱和脂肪酸(SFA)比例均符合理想脂肪酸的标准, 其中杂交F₁的多不饱和脂肪酸(33.50%)含量最高, 并且EPA和DHA(16.13%)含量最高, 七带石斑鱼的单不饱和脂肪酸(36.23%)含量最高; 七带石斑鱼的铜、钙、钾、磷、镁含量最高, 杂交F₁的铁、钠含量最高, 云纹石斑鱼锌含量最高。研究表明, 3种石斑鱼中, 七带石斑鱼是最为优质的蛋白源, 杂交F₁和七带石斑鱼中不饱和脂肪酸含量高, 杂交F₁多不饱和脂肪酸含量具有明显优势, 具有较高的营养和经济价值。

关键词

云纹石斑鱼, 七带石斑鱼, 杂交F₁, 营养成分, 氨基酸, 脂肪酸

1. 引言

云纹石斑鱼(*Epinephelus moara*)和七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)同属于鲈形目(Perciformes)、鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Epinephelinae)、石斑鱼属(*Epinephelus*), 均具有较高的营养价值和经济价值[1]-[4], 是海水养殖的优良品种[5] [6]。为利用两者的优良性状, 将其进行杂交, 成功获得了杂交F₁ [7], 经前期实验表明, 杂交F₁在生长速度、耐低温等方面具有一定的杂种优势[8]。为确定和比较不同生长阶段的云纹石斑鱼、七带石斑鱼及云纹石斑鱼(♀) × 七带石斑鱼(♂)杂交F₁肌肉营养成分及差异, 并分析杂交F₁在营养价值方面是否具有优势, 本文对6月龄的三种石斑鱼肌肉营养成分、氨基酸、脂肪酸、矿物质和微量元素的组成及含量进行分析比较, 以期对3种石斑鱼的营养价值评价提供科学依据, 为其在后期生长阶段的比较提供参照, 为该杂交鱼的应用及进一步选育提供基础资料。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

试验鱼取自莱州明波水产有限公司,为同期繁殖的云纹石斑鱼[9]、七带石斑鱼[10]和云纹石斑鱼(♀) × 七带石斑鱼(♂)杂交 F₁ [11],其中云纹石斑鱼与杂交 F₁ 的母本为同一尾亲鱼,七带石斑鱼与杂交 F₁ 的父本为同一尾亲鱼。3种石斑鱼样本均为6月龄,采用相同的饲养方式,随机各取5尾,均体质健康。平均体长为云纹石斑鱼(10.11 ± 0.65) cm、七带石斑鱼(10.33 ± 1.12) cm、杂交 F₁ (12.36 ± 0.77) cm;平均体重为云纹石斑鱼(26.07 ± 7.29) g、七带石斑鱼(36.26 ± 11.79) g、杂交 F₁ (58.47 ± 9.64) g。

2.2. 测定方法

将试验鱼背部的鳞片和皮肤剔除,取两侧肌肉,因样本规格较小,分别将3个品种中每个品种5尾个体的肌肉混合,捣碎搅拌均匀,用于营养成分测定。每个品种的测定值即为5尾个体的平均值。

粗蛋白含量的测定采用凯氏定氮法(GB5009.5-2010),粗脂肪含量采用索氏抽提法(GB5009.6-2003)测定,灰分采用马福炉 550℃高温灼烧法(GB5009.4-2010)测定,水分含量采用常压恒温干燥法(GB5009.3-2010)测定;氨基酸含量由日立 L-8800 型氨基酸分析仪测定,依据 GB/T 5009.124-2003;脂肪酸测定使用日本岛津 GC-17A 气相色谱仪按照内标法,依据 GB/T 9695.21-2008;矿物质及微量元素的测定使用日本岛津 AA6800 型原子吸收分光光度计,依据 GB/T5009.(13、14、87、90、91、92)-2003 方法测定。

2.3. 数据处理

试验数据采用 Excel 和 SPSS 软件进行分析。

3. 结果与分析

3.1. 肌肉营养成分

3种石斑鱼的肌肉营养成分含量如表1所示。粗蛋白含量分别为七带石斑鱼(17.40%) > 杂交 F₁ (15.40%) > 云纹石斑鱼(14.90%);粗脂肪含量分别为七带石斑鱼(5.40%) > 云纹石斑鱼(2.60%) > 杂交 F₁ (2.50%);灰分含量分别为云纹石斑鱼(4.40%) = 杂交 F₁ > 七带石斑鱼(3.80%);水分含量分别为杂交 F₁ (77.00%) > 云纹石斑鱼(76.80%) > 七带石斑鱼(72.50%)。结果显示,七带石斑鱼粗蛋白和粗脂肪含量最高,杂交 F₁ 水分含量最高。

3.2. 氨基酸组成

3种石斑鱼的氨基酸组成如表2所示。共检测出16种氨基酸,包括7种必须氨基酸和9种非必须氨基酸。三种石斑鱼肌肉中总氨基酸含量为七带石斑鱼(13.11%) > 云纹石斑鱼(12.19%) > 杂交 F₁ (10.11%);必须氨基酸含量为七带石斑鱼(4.88%) > 云纹石斑鱼(4.33%) > 杂交 F₁ (3.69%);鲜味氨基酸含量为七带石斑鱼(4.13%) > 云纹石斑鱼(4.08%) > 杂交 F₁ (3.26%)。

结果显示,七带石斑鱼总氨基酸含量、必须氨基酸含量以及鲜味氨基酸含量均最高,云纹石斑鱼次之,杂交 F₁ 最低。七带石斑鱼的鲜味氨基酸含量最高,但鲜味氨基酸与总氨基酸比值(DAA/TAA)为云纹石斑鱼最高。

3.3. 脂肪酸组成

3种石斑鱼的脂肪酸组成如表3所示。共检测出13种脂肪酸,包括3种饱和脂肪酸,10种不饱和脂肪酸,其中单不饱和脂肪酸4种,多不饱和脂肪酸6种。3种石斑鱼肌肉中饱和脂肪酸(SFA)含量为杂交

Table 1. Nutrient components in muscle of *E. moara*, *E. septemfasciatus* and hybrid F₁
表 1. 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F₁ 肌肉营养成分含量(以湿基计)

成分 composition (单位: %)	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	杂交 F ₁ hybrid F ₁
粗蛋白 Crude protein	14.90	17.40	15.40
粗脂肪 Crude fat	2.60	5.40	2.50
灰分 Ash	4.40	3.80	4.40
水分 Moisture	76.80	72.50	77.00

Table 2. Amino acids composition in muscle of *E. moara*, *E. septemfasciatus* and hybrid F₁
表 2. 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F₁ 氨基酸组成

氨基酸(单位: %) Amino acids	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	杂交 F ₁ hybrid F ₁
天门冬氨酸(Asp) [#]	1.12	1.24	0.94
谷氨酸(Glu) [#]	0.86	0.92	0.72
甘氨酸(Gly) [#]	1.14	1.00	0.84
丙氨酸(Ala) [#]	0.96	0.97	0.76
苏氨酸(Thr) [*]	0.53	0.58	0.46
缬氨酸(Val) [*]	0.54	0.58	0.46
蛋氨酸(Met) [*]	0.36	0.40	0.30
异亮氨酸(Ile) [*]	0.48	0.56	0.41
亮氨酸(Leu) [*]	0.93	1.04	0.79
苯丙氨酸(Phe) [*]	0.50	0.56	0.45
赖氨酸(Lys) [*]	0.99	1.16	0.82
酪氨酸(Tyr)	0.35	0.40	0.31
组氨酸(His)	0.29	0.32	0.24
丝氨酸(Ser)	0.80	0.86	0.68
精氨酸(Arg)	0.88	0.92	0.71
脯氨酸(Pro)	1.46	1.60	1.22
氨基酸总量 TAA	12.19	13.11	10.11
必须氨基酸总量 EAA	4.33	4.88	3.69
鲜味氨基酸总量 DAA	4.08	4.13	3.26
EAA/TAA	35.52	37.22	36.50
DAA/TAA	33.47	31.50	32.25

“#” 为鲜味氨基酸; “*” 为必须氨基酸。

Table 3. Fatty acids composition in muscle of *E. moara*, *E. septemfasciatus* and hybrid F₁
表 3. 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F₁ 脂肪酸百分组成(%)

脂肪酸 Fatty acids	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	杂交 F ₁ hybridF ₁
肉豆蔻酸 C14:0	3.52	3.88	5.08
棕榈酸 C16:0	17.02	14.45	18.17
棕榈油酸 C16:1	7.20	6.90	6.35
硬脂酸 C18:0	5.11	4.28	3.76
油酸 C18:1 n7	5.50	4.92	2.93
油酸 C18:1 n9	18.18	20.70	15.77
亚油酸 C18:2 n6	10.32	10.65	7.86
α -亚麻酸 C18:3 n3	1.86	2.16	1.78
花生一烯酸 C20:1 n9	4.10	3.71	3.72
花生四烯酸 C20:4 n6	1.30	4.05	5.40
EPA C20:5 n3	3.16	4.24	6.77
DPA C22:5 n3	1.30	1.49	2.33
DHA C22:6 n3	7.36	7.01	9.36
EPA + DHA	10.52	11.25	16.13
饱和脂肪酸 SFA	25.65	22.61	27.01
单不饱和脂肪酸 MUFA	34.98	36.23	28.77
多不饱和脂肪酸 PUFA	25.30	29.60	33.50

F₁ (27.01%) > 云纹石斑鱼(25.65%) > 七带石斑鱼(22.61%); 单不饱和脂肪酸(MUFA)含量为七带石斑鱼(36.23%) > 云纹石斑鱼(34.98%) > 杂交 F₁ (28.77%); 多不饱和脂肪酸(PUFA)含量为杂交 F₁ (33.50%) > 七带石斑鱼(29.60%) > 云纹石斑鱼(25.30%), EPA + DHA 含量为杂交 F₁ (16.13%) > 七带石斑鱼(11.25%) > 云纹石斑鱼(10.52%)。

结果显示, 杂交 F₁ 的饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量最高, 并且含有较高的 EPA 和 DHA, 七带石斑鱼的单不饱和脂肪酸含量最高。理想的脂肪酸还需要适宜的比例, 即 PUFA/SFA, 联合国健康部门的推荐值为 0.40, 云纹石斑鱼、七带石斑鱼以及杂交 F₁ 的比例分别为 0.99、1.31 和 1.24, 均高于推荐值, 表明 3 种石斑鱼均符合理想脂肪酸的标准。

3.4. 矿物质及微量元素组成

3 种石斑鱼矿物质及微量元素组成如表 4 所示。共检测出 8 种矿物质及微量元素, 其中铜、钙、钾、磷的含量分别为七带石斑鱼 > 杂交 F₁ > 云纹石斑鱼, 锌含量为云纹石斑鱼 > 七带石斑鱼 = 杂交 F₁, 铁含量为杂交 F₁ > 云纹石斑鱼 > 七带石斑鱼, 镁含量为七带石斑鱼 > 云纹石斑鱼 > 杂交 F₁, 钠含量为杂交 F₁ = 云纹石斑鱼 > 七带石斑鱼。

结果显示, 七带石斑鱼的铜、钙、钾、磷、镁含量最高, 杂交 F₁ 的铁、钠含量最高, 云纹石斑鱼锌含量最高。

Table 4. Mineral element composition in muscle of *E. moara*, *E. septemfasciatus* and hybrid F₁
表 4. 云纹石斑鱼、七带石斑鱼及杂交 F₁ 矿物质及微量元素组成

元素(单位) Element	云纹石斑鱼 <i>E. Moara</i>	七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	杂交 F ₁ hybrid F ₁
铜* (mg/kg)	0.56	0.75	0.61
锌* (mg/kg)	17.00	14.00	14.00
铁* (mg/100g)	1.12	1.02	1.14
镁(mg/100g)	65.40	66.41	62.10
钙(mg/100g)	8.62 × 10 ²	1.42 × 10 ³	9.14 × 10 ²
钾(mg/100g)	2.01 × 10 ²	3.02 × 10 ²	2.14 × 10 ²
钠(mg/100g)	3.92 × 10 ²	3.59 × 10 ²	3.92 × 10 ²
磷(mg/100g)	5.60 × 10 ²	6.20 × 10 ²	5.90 × 10 ²

“*” 为微量元素。

4. 讨论

鱼类蛋白质的鲜美程度主要取决于呈鲜味的谷氨酸、天冬氨酸以及呈甘味的甘氨酸、丙氨酸的组成与含量[12] [13]。七带石斑鱼的鲜味氨基酸含量最高。食品中蛋白质营养价值的评定受蛋白质含量、氨基酸种类及比例等多种因素影响[14]，其中必需氨基酸的含量与组成是评价食物营养价值的最重要指标。根据 FAO/WHO 的理想模式，质量较好的蛋白质其必需氨基酸占总氨基酸的比值(EAA/TAA)应为 40%左右[15]。3 种石斑鱼必需氨基酸种类齐全，其中七带石斑鱼肌肉的蛋白、氨基酸含量最为丰富，比例最为适宜，是一种质量较好的蛋白质。饱和脂肪酸会引起血清总胆固醇的升高，增加心血管疾病的发病率[16]。单不饱和脂肪酸则具有降低胆固醇、降血糖、调节血脂和防止记忆下降等作用[17]。多不饱和脂肪酸具有降低血脂、预防心血管疾病、调控脂类代谢、调节免疫系统、抗癌、促进生长发育等作用[18]，其中 EPA 俗称“血管清道夫”，能够增进血液循环，降低血液粘稠度，DHA 俗称“脑黄金”，对软化血管、益智、眼睛保健起重要作用[19] [20]，DHA 和花生四烯酸(AA)是构成中枢神经系统和视网膜的重要成分，在婴儿的脑组织和视网膜中高度聚集[21]。因此，鱼类的脂肪质量主要取决于脂肪酸的不饱和度。由此可见，3 种石斑鱼均具有较高的食用价值和保健作用。矿物质在人体内不能自行合成，只能通过膳食进行补充，钙、磷、镁等是构成机体组织的重要成分，钾、钠、钙、镁是维持神经肌肉兴奋和细胞膜通透性的必要条件。铁、铜、锌是人体必需的微量元素。铁是血红蛋白中氧的携带者，能够合成血红蛋白，运输氧气，使组织细胞进行新陈代谢，提高免疫力；铜、锌具有抗氧化、解毒等功能，锌还能够促进大脑蛋白合成、促进智力发育，延缓衰老、提高人体免疫力等[22]，铜能够保护结缔组织尤其是皮肤结缔组织、血管、骨骼的弹性、硬度以及结构的完整性。微量元素在体液内与钾、钠、钙、镁等离子协同，维持机体的酸碱平衡及组织细胞渗透压，保持人体正常的生理功能。3 种石斑鱼肌肉中含有丰富的磷、钙、钠、钾、镁、铁、铜和锌等，能够较好的满足人体对矿物质和微量元素的需求。

李燕[23]对翘嘴鲌、斑鲌和杂交鲌鱼体营养成分和氨基酸、脂肪酸组成进行比较分析，结果表明杂交鲌总的营养价值较高，属于高经济价值的鱼类。张超[24]对哲罗鲑(*Hucho taimen*)、细鳞鲑(*Brachymystax lenok*)及其杂交种肌肉的营养成分分析，结果表明，3 种鱼营养价值均较高，杂交种肌肉品质更优于哲罗鲑和细鳞鲑。据报道，肌肉营养成分的组成及含量受个体、年龄、性别、生存环境、养殖方式和食物组成等因素的影响[25]。刘海珍[26]对鳊鱼(*Engraulis*)的不同生长阶段(幼鱼、中鱼、成鱼)进行肌肉营养成分

分析,结果表明,成鱼肌肉营养质量最优,其次为中鱼。张超[24]对哲罗鲑、细鳞鲑及其杂交种肌肉营养成分的研究中发现,试验所用的1龄哲罗鲑虽与姜作发[27]所用的4龄哲罗鲑取自同一试验站,但4龄鱼的粗蛋白质与粗脂肪含量均高于1龄鱼,可能是由于在生长过程中,饲料中的营养物质转化为体内蛋白质和脂肪并逐年积累所致;试验所用的细鳞鲑水分和粗脂肪含量均低于其他两位学者[28][29]的研究结果,粗蛋白质和粗灰分则高于两位学者的研究结果,其原因是由于作者分析的是养殖的细鳞鲑,而另两位学者分析的是野生品种。程波[5]对3~4龄七带石斑鱼进行肌肉营养成分分析,测定的粗蛋白含量(19.60%)、氨基酸总量(18.33%)、7种必需氨基酸总量(7.59%)、多不饱和脂肪酸含量(32.45%)、EPA和DHA含量(18.89%)均高于本研究中6月龄七带石斑鱼幼鱼的含量,分析其主要原因可能与年龄有关。由此可见,即使是同一个品种,在不同年龄和生长阶段、不同养殖环境以及饵料营养条件下,均会使其肌肉营养成分存在差异。本研究所用的三种石斑鱼为相同月龄,并采用相同的养殖条件进行饲养,以减少试验误差。本研究中为6月龄幼鱼,三种石斑鱼生长至成鱼阶段的肌肉营养成分组成和含量情况是否优于幼鱼阶段,还有待于进一步测试和分析。

5. 结论

通过对3种石斑鱼肌肉进行营养成分分析和对比,得到以下结论:

- 1) 七带石斑鱼粗蛋白(17.40%)和粗脂肪(5.40%)含量最高,杂交 F_1 水分(77.00%)含量最高。
- 2) 3种石斑鱼氨基酸种类齐全,其中七带石斑鱼肌肉中总氨基酸含量(13.11%)、必需氨基酸含量(4.88%)以及鲜味氨基酸含量(4.13%)均最高,并且比例最为适宜,表明七带石斑鱼在三种石斑鱼中是最为优质的蛋白源。
- 3) 3种石斑鱼脂肪酸种类丰富,并且PUFA/SFA比例适宜,均符合理想脂肪酸的标准。其中杂交 F_1 的多不饱和脂肪酸(33.50%)含量最高,并且EPA和DHA(16.13%)含量最高,七带石斑鱼的单不饱和脂肪酸含量(36.23%)最高。表明杂交 F_1 和七带石斑鱼具有较高的食用价值。
- 4) 3种石斑鱼含有丰富的矿物质和微量元素,其中七带石斑鱼的铜、钙、钾、磷、镁含量最高,杂交 F_1 的铁、钠含量最高,云纹石斑鱼锌含量最高。

结果表明,将云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交后,杂交 F_1 在多不饱和脂肪酸含量表现出明显优势,作为肌肉营养质量的重要评价指标,表明杂交 F_1 具有较高的营养和经济价值。

基金项目

农业部东海海水健康养殖重点实验室开放课题(2013ESHML07);青岛市市南区科技发展资金项目(2014-14-011-SW);科技部国际合作项目(2012DFA30360)。

参考文献 (References)

- [1] 朱元鼎. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 642.
- [2] Nagano, N., Hozawa, A. and Fujiki, W., et al. (2007) Skeletal Development and Deformities in Cultured Larval and Juvenile Seven-Band Grouper, *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg). *Aquaculture Research*, **38**, 121-130. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01627.x>
- [3] 王新安, 马爱军, 陈超, 等. 七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)两个野生群体形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(6): 655-660.
- [4] 陈超, 赵明, 柳学周, 等. 七带石斑鱼胚胎及仔稚鱼形态观察[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(5): 24-31.
- [5] 程波, 陈超, 王印庚, 等. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 51-57.
- [6] 谢菁, 区又君, 李加儿, 等. 七带石斑鱼胚体和卵黄囊期仔鱼的发育[J]. 海洋通报, 2009, 28(2): 41-49.

- [7] 李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(♀) × 七带石斑鱼(♂)杂交子一代胚胎发育及仔稚幼鱼形态学观察[J]. 中国水产科学, 2012, 19(5): 821-832.
- [8] 李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(*E. moara*) (♀) × 七带石斑鱼(*E. septemfasciatus*) (♂)杂交 F1 生长特征与其亲本子代的比较[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(3): 42-49.
- [9] 宋振鑫, 陈超, 翟介明, 等. 云纹石斑鱼胚胎发育及仔稚幼鱼形态观察[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 26-34.
- [10] 吴雷明, 陈超, 翟介明, 等. 七带石斑鱼仔鱼摄食习性的观察[J]. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 58-64.
- [11] 李炎璐, 王清印, 陈超, 等. 云纹石斑鱼(♀)×七带石斑鱼(♂)杂交 F1 形态特征与其亲本子代的比较分析[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 104-108.
- [12] 区又君, 李加儿. 驼背鲈肌肉营养成分的分析与评价[J]. 台湾海峡, 2010, 29(4): 503-509.
- [13] 董辉, 王颀, 刘亚琼, 等. 杂色蛤软体部营养成分分析及评价[J]. 水产学报, 2011, 35(2): 276-282.
- [14] 杨建敏, 邱盛尧, 郑小东, 等. 美洲帘蛤软体部营养成分分析及评价[J]. 水产学报, 2003, 27(5): 495-498.
- [15] 冀德伟, 李多云, 史雨红, 等. 光唇鱼的肌肉营养组成与评价[J]. 营养学报, 2009, 31(3): 298-300.
- [16] 王建新, 邴旭文, 张成锋, 李冰, 朱健. 梭鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 渔业科学进展, 2010, 31(2): 60-66.
- [17] 张伟敏, 钟耕, 王炜. 单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研究概况[J]. 粮食与油脂, 2005(3): 13-15.
- [18] 谢宗墉. 海洋水产品营养与保健[M]. 青岛: 海洋大学出版社, 1991: 53-57.
- [19] 王海燕, 李睿. 功能性不饱和脂肪酸研究进展[J]. 肉类研究, 2010(12): 14-17.
- [20] 李培, 刘梅林, 谢明斌. n-3 多不饱和脂肪酸的心血管保护作用及相关机制[J]. 中华心血管病杂志, 2011, 39(5): 474-476.
- [21] 刘艳, 孙克任. EPA 和 DHA 的抗癌机制研究进展[J]. 预防医学文献信息, 2004, 10(2): 188-190.
- [22] 于朝云, 杨慧. 微量元素与人体生理功能的关系[J]. 山东医药, 2009, 49(9): 113-114.
- [23] 李燕, 史建华, 李永强, 施顺昌. 翘嘴鳊、斑鳊和杂交鳊鱼体营养成分和氨基酸、脂肪酸组成的比较分析[J]. 水产科技情报, 2015, 42(5): 246-250.
- [24] 张超, 佟广香, 匡友谊, 尹家胜. 哲罗鲑、细鳞鲑及其杂交种肌肉的营养成分分析[J]. 大连海洋大学学报, 2014, 29(2): 171-174.
- [25] Clawson, A.J., Garlich, J.D., Coffey, M.T. and Pond, W.G. (1991) Nutritional, Physiological, Genetic, Sex, and age Effects on Fat-Free Dry Matter Composition of the Body in Avian, Fish, and Mammalian Species: A Review. *Journal of Animal Science*, **69**, 3617-3644.
- [26] 刘海珍, 罗琳, 蔡德陵, 刘道辰. 不同生长阶段鳊鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. 核农学报, 2015, 29(11): 2150-2157.
- [27] 姜作发, 刘永, 李永发, 白庆利, 贾锺贺. 野生、人工养殖哲罗鲑生化成分分析和营养品质评价[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(4): 34-36.
- [28] 徐革锋, 叶远涛, 牟振波, 李永发. 雌雄细鳞鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 水产学杂志, 2010, 23(2): 29-33.
- [29] 李永发, 张永泉, 刘洋, 徐革锋, 牟振波. 黑龙江两种生态类型水域细鳞鱼肌肉营养成分的比较分析[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(9): 97-103.

再次投稿您将享受以下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>