

养殖 2 龄赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)的 营养价值与畸形原因分析*

孔祥迪^{1,2} 刘 莉^{1,2} 李炎璐¹ 于欢欢^{1,2}
翟介明³ 庞尊方³ 徐万土⁴ 陈 超^{1①}

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 3. 莱州明波水产有限公司 烟台 261418; 4. 宁波象山港湾水产苗种有限公司 宁波 315700)

摘要 分析了在工厂化条件下养殖的赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)出现的畸形现象,发现其发育畸形特征可分为脊椎畸形和鳃颌畸形两大类。为了获得其营养学研究的基础资料,采用营养学方法测定和分析了正常、脊椎畸形、鳃颌畸形 3 种类型的鱼形体指标、肌肉成分及品质。结果显示,(1) 脊椎畸形与鳃颌畸形鱼的全长、肌肉率分别为(21.97±1.50) cm、(71.12±1.45) %和(22.43±0.12) cm、(71.28±0.39) %,都与正常鱼的指标值(25.70±0.75) cm、(78.58±0.20) %差异显著;(2) 3 种类型鱼的肌肉中粗蛋白和粗灰分含量比较接近,差异不显著。脊椎畸形鱼的粗脂肪含量为(3.55±0.06) %,与正常鱼和鳃颌畸形鱼(2.71±0.07) %、(2.48±0.01) %差异显著;(3) 脊椎畸形鱼的氨基酸总量(TAA)和必需氨基酸指数(EAAI)分别为(17.55±0.65) %、83.04,鳃颌畸形鱼分别为(15.89±0.11) %、73.82,低于正常鱼的(19.86±0.52) %和 89.25;(4) 从内聚性、弹性、胶粘性 and 咀嚼性 4 个方面对 3 种类型鱼的肌肉品质评价研究表明,上述 4 个指标值的大小(规律)为正常鱼 > 脊椎畸形鱼 > 鳃颌畸形鱼。两类畸形鱼的营养价值低于正常鱼,其中鳃颌畸形鱼的最低。实验还对 3 类鱼脊椎、鳃颌骨中的 Cu、Zn、Fe、Mn、Ca、P 等含量进行了测定,研究表明,脊椎中其他各元素间含量差异不显著,仅有 Fe、Mn 差异显著,说明 Fe、Mn 可能造成人工养殖的赤点石斑鱼脊椎畸形。

关键词 赤点石斑鱼; 畸形; 肌肉营养成分; 矿物质

中图分类号 S965 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)05-0038-08

赤点石斑鱼(*Epinephelus akaara*)俗称红斑,分布于北太平洋西部、中国东南南部以及南海。其色泽鲜艳、肉质细嫩,因其售价高、便于活体运输、经济效益极高,近年来,受到越来越多养殖户的青睐(叶鹏等, 2006)。目前,赤点石斑鱼苗种来源主要是从海域捕捞的野生苗及人工繁殖的苗种。由于多年的过度捕捞,野生赤点石斑鱼数量大幅度减少,赤点石斑鱼的人工培育与养殖越来越受到重视(郑乐云等, 2013)。

但人工养殖的赤点石斑鱼中常出现较高比例的畸形鱼,发生畸形的鱼苗生长速度慢,抗病力低,具有很高的死亡率,从而使苗种供应不足和养殖产品低值化的问题更加严峻。由于个体较大的畸形鱼外观体型突兀,消费者难以接受。因此,在整个养殖阶段需要经常剔除畸形鱼,直接影响了养殖效益。

赤点石斑鱼的研究多集中于养殖、病害和人工繁育方面(马荣和等, 1987; 毛国民等, 2004; 黄剑南等,

* 科技部国际合作项目(2012DFA30360)资助。孔祥迪, E-mail: xiangdikong@163.com

① 通讯作者: E-mail: 陈 超, 研究员, ysfriechencao@126.com

收稿日期: 2015-03-17, 收修改稿日期: 2015-04-28

2005), 其肌肉成分虽然已有研究(林建斌等, 2010), 但其骨骼畸形及其畸形鱼营养价值方面的研究仍未见报道。本研究对赤点石斑鱼人工养殖中常见的畸形进行了观察描述和分类, 并对其形体指标、肌肉成分品质与正常鱼进行了比较分析, 为赤点石斑鱼骨骼发育畸形及其畸形鱼的营养学提供了基础资料, 也为畸形鱼的发生、处理、利用提供一定的科学依据。

由于造成鱼体畸形的原因十分复杂(姚闻卿等, 1993), 既有遗传因素, 又有环境条件的影响。已有研究表明, 矿物质对鱼类的骨骼发育具有重要影响(Lall, 2002; Shearer *et al.*, 1987; 张涛等, 2006), 本研究通过测定正常鱼与畸形鱼骨骼中 Cu、Zn、Fe、Mn、Ca、P 等含量, 探讨了矿物质对鱼体骨骼畸形的影响, 为石斑鱼骨骼畸形成因及配合饲料制备提供一定的基础资料和依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验用赤点石斑鱼于 2013 年 11 月 22 日取自山东莱州明波水产有限公司的 2 龄鱼, 为本公司人工培育的鱼苗, 养殖条件和投喂饵料都相同。在公司养殖车间的畸形鱼筛选剔除期间, 按其外部形态进行观察、归类, 其中, 脊椎畸形和鳃颌畸形所占比例最高。挑取形态正常、脊椎畸形、鳃颌畸形鱼各 10 尾, 打包、充氧, 带回实验室分析实验。

1.2 实验方法

1.2.1 含肉率和矿物质测定 将鱼体用干毛巾擦净, 依次测量全长、体高、体重。除去内脏、皮肤、鳍条和骨骼等非肌肉部分, 骨骼经煮、清洗后, 自然干燥并称量, 用减量法计算出鱼体的肌肉量。

含肉率=鱼体肌肉重量/鱼体总重×100%

将清洗后的脊椎骨和鳃颌骨观察拍照, 粉碎后送至中国水产科学研究院黄海水产研究所国家水产品质量检测中心进行矿物质含量的测定。

1.2.2 肌肉品质的评价 取 2 cm×2 cm×1 cm 的背部肌肉, 在 TPA 模式下, 使用美国 TMS-PRO 食品物性分析仪(FTC 公司)测定肌肉质构(内聚性、弹性、胶粘性和咀嚼性)。速度(Test speed) 3 mm/s, 触发应力(Trigger force)为 0.1 N, 形变量(Deformation)为 60%。

1.2.3 肌肉营养成分测定 水分和粗灰分分别采用常压恒温干燥法(GB/T5009.3-2003)和马福炉 550℃ 高温灼烧法(GB/T5009.4-2003)测定, 粗蛋白和粗脂肪分别采用凯氏定氮法(GB/T5009.5-2003)和索氏抽

提法(GB/T5009.6-2003)。氨基酸的测定(GB/T5009.124-2003)用日立 L-8800 型全自动氨基酸分析仪直接测定。

1.2.4 营养品质评价 根据 FAO/WHO(1973)的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式分析比较。蛋白质的氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)分别由如下的公式求得(Peilett *et al.*, 1980; 桥本芳郎, 1980):

AAS=待测某种氨基酸含量/FAO 评分标准模式中同种氨基酸含量;

CS=待测某种氨基酸含量/鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量;

氨基酸含量(mg/g N)=样品某种氨基酸含量(鲜样)/样品粗蛋白含量(鲜样)×6.25×1000;

$EAAI=(100CS_1 \times 100CS_2 \times \dots \times 100CS_n)^{1/n}$

式中, n 为待评蛋白质中的必需氨基酸数。

1.3 数据分析

实验结果取各平行组的平均值。采用 SPSS17.0 统计软件对实验数据进行单因素方差分析(One-way ANOVA)和 Duncan 多重比较, 数值用平均值±标准误(Mean±SE)表示, 并用字母标记法来表示差异显著, 相同字母间表示差异不显著, 不同字母间表示差异显著($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 畸形鱼形态及骨骼观察

室内工厂化养殖的赤点石斑鱼中, 畸形鱼的外部形态主要有鳃盖缺失、鳃颌骨畸形而错位或无法闭合、身体短小弯曲等(图1)。进一步处理后发现, 身体短小弯曲主要是脊椎骨骼畸形造成的, 赤点石斑鱼的脊柱由 24 节脊椎骨组成, 椎骨变形的位点主要发生在第 3-5、15-17 和 20-22 节之间(图1)。

2.2 形态指标及含肉率

对正常、脊椎畸形、鳃颌畸形 3 类赤点石斑鱼实验分析。其主要形态指标和含肉率见表 1。从表 1 可以看出, 脊椎畸形与鳃颌畸形鱼的全长、含肉率分别为(21.97±1.50) cm、(71.12±1.45)%和(22.43±0.12) cm、(71.28±0.39)%, 都与正常鱼(25.70±0.75) cm、(78.58±0.20)%之间差异显著; 正常形态与脊椎畸形鱼之间的体高和体重差异不显著, 二者与鳃颌畸形鱼之间差异显著。从各项指标看出, 两种畸形鱼的生长发育明显不及正常鱼, 鳃颌畸形鱼最差。

2.3 肌肉品质评价

3类赤点石斑鱼的肌肉品质的测定结果显示,肌肉4个指标(内聚性、弹性、胶粘性和咀嚼性)的顺序均为正常鱼>脊椎畸形鱼>鳃颌畸形鱼。4个指标中内聚性差异不显著,脊椎畸形和鳃颌畸形鱼的弹性、胶粘性、咀嚼性与正常鱼差异显著,其中咀嚼性相差最大,两种畸形形态鱼分别为正常鱼的51.11%和41.02%。综合4个指标,脊椎畸形和鳃颌畸形鱼的肌肉品质不及正常形态鱼,鳃颌畸形鱼的肌肉品质最差(表2)。

2.4 一般营养成分

3类赤点石斑鱼肌肉(鲜样)中一般营养成分的含量见表3。从表3可以看出,鳃颌畸形鱼的肌肉含水

量最高,为(78.55±0.36)%,与其他两种鱼差异显著;3类鱼的肌肉粗蛋白和粗灰分含量接近,差异不显著;值得注意的是,脊椎畸形鱼的肌肉粗脂肪含量与其他两种鱼的差异显著,分别高出正常与鳃颌畸形鱼的31.00%和43.15%。

2.5 氨基酸组成分析与营养品质评价

2.5.1 氨基酸组成分析 3类形态赤点石斑鱼肌肉(鲜样)氨基酸含量见表4。从表4可以看出,除脯氨酸(Pro)和色氨酸(Trp)因酸解过程中被破坏或仪器限制未被检测出外,共检测出17种氨基酸,其中包括人体必需的7种氨基酸(EAA): Lys、Phe、Met、Thr、Ile、Leu、Val; 2种半必需氨基酸(HEAA): Arg、His;

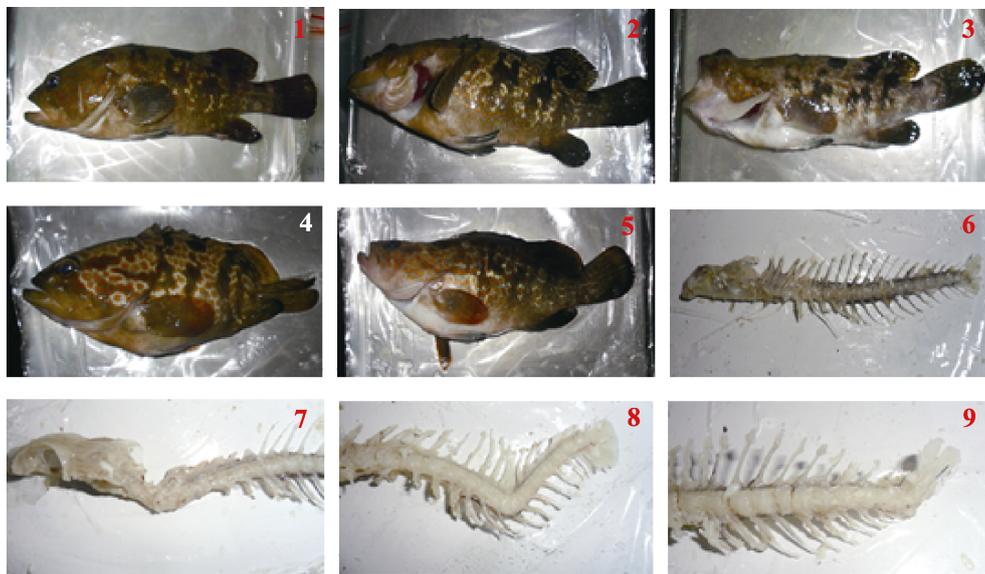


图1 人工养殖赤点石斑鱼常见畸形鱼外部及骨骼形态

Fig.1 The external and skeletal morphology of common deformed cultured *E. akaara*

1. 正常体型; 2. 鳃盖缺失; 3. 鳃颌畸形; 4-5: 躯体畸形; 6. 正常脊椎; 7-9: 脊椎畸形
1. Normal; 2. Opercular bone loss; 3. Gill and jaw deformity; 4-5: Body deformity; 6. Normal spine; 7-9: Spinal deformity

表1 畸形赤点石斑鱼的形态指标及含肉率

Tab.1 Morphological indices and muscle rate of deformed *E. akaara*

| 形态 Morphology | 全长 Body length (cm) | 体高 Body height (cm) | 体重 Body weight (g) | 含肉率 Muscle rate (%) |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 正常形态 Normal form | 25.70±0.75 ^a | 7.70±0.53 ^a | 272.00±2.52 ^a | 78.57±0.20 ^a |
| 脊椎畸形 Spinal deformity | 21.97±1.50 ^b | 7.96±0.29 ^a | 248.00±1.62 ^a | 71.12±1.50 ^b |
| 鳃颌畸形 Gill and jaw deformity | 22.43±0.12 ^b | 6.30±0.10 ^b | 171.67±0.81 ^b | 71.28±0.39 ^b |

表2 畸形赤点石斑鱼的肌肉品质评价

Tab.2 The meat quality of deformed *E. akaara*

| 形态 Morphology | 内聚性 Cohesion (Ratio) | 弹性 Elasticity (mm) | 胶粘性 Adhesiveness (N) | 咀嚼性 Chewiness (mJ) |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 正常形态 Normal form | 0.32±0.15 ^a | 2.36±0.04 ^a | 3.93±0.11 ^a | 7.63±0.04 ^a |
| 脊椎畸形 Spinal deformity | 0.28±0.06 ^a | 1.44±0.20 ^b | 2.76±0.52 ^b | 3.90±0.28 ^b |
| 鳃颌畸形 Gill and jaw deformity | 0.23±0.04 ^a | 1.23±0.17 ^b | 2.23±0.26 ^b | 3.13±0.34 ^b |

表 3 畸形赤点石斑鱼的肌肉一般营养成分比较

Tab.3 Comparison of general nutrient components in muscle of deformed *E. akaara* (%)

| 形态 Morphology | 水分 Moisture | 粗蛋白 Crude protein | 粗脂肪 Crude fat | 粗灰分 Crude ash |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 正常形态 Normal form | 75.53±0.23 ^a | 20.80±1.28 ^a | 2.71±0.07 ^b | 1.29±0.12 ^a |
| 脊椎畸形 Spinal deformity | 76.63±0.45 ^a | 19.79±0.80 ^a | 3.55±0.06 ^a | 1.25±0.01 ^a |
| 鳃颌畸形 Gill and jaw deformity | 78.55±0.36 ^b | 19.54±0.09 ^a | 2.48±0.01 ^b | 1.24±0.12 ^a |

表 4 畸形赤点石斑鱼肌肉的氨基酸组成及含量

Tab.4 Amino acid components and their contents in deformed *E. akaara* (%)

| 氨基酸 Amino acids | 正常形态鱼 Normal form | 脊椎畸形鱼 Spinal deformity | 鳃颌畸形鱼 Gill and jaw deformity |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 牛磺酸 Tau | 0.38±0.00 ^a | 0.33±0.02 ^a | 0.33±0.06 ^a |
| 天冬氨酸 Asp | 2.16±0.02 ^a | 1.91±0.09 ^a | 1.76±0.01 ^b |
| 苏氨酸 Thr | 0.95±0.02 ^a | 0.84±0.04 ^b | 0.76±0.02 ^b |
| 丝氨酸 Ser | 0.82±0.00 ^a | 0.74±0.04 ^{ab} | 0.67±0.01 ^b |
| 谷氨酸 Glu | 3.26±0.06 ^a | 2.88±0.11 ^b | 2.65±0.01 ^b |
| 甘氨酸 Gly | 1.07±0.01 ^a | 1.01±0.04 ^{ab} | 0.95±0.03 ^b |
| 丙氨酸 Ala | 1.27±0.08 ^a | 1.08±0.04 ^b | 1.04±0.01 ^b |
| 胱氨酸 Cys | 0.28±0.01 ^a | 0.25±0.01 ^a | 0.19±0.01 ^b |
| 缬氨酸 Val | 0.95±0.02 ^a | 0.84±0.03 ^b | 0.75±0.00 ^b |
| 蛋氨酸 Met | 0.60±0.02 ^a | 0.55±0.03 ^{ab} | 0.45±0.05 ^b |
| 异亮氨酸 Ile | 0.90±0.02 ^a | 0.80±0.03 ^b | 0.71±0.00 ^b |
| 亮氨酸 Leu | 1.66±0.05 ^a | 1.47±0.05 ^b | 1.31±0.00 ^b |
| 酪氨酸 Tyr | 0.75±0.03 ^a | 0.65±0.02 ^b | 0.58±0.01 ^c |
| 苯丙氨酸 Phe | 1.05±0.14 ^a | 0.89±0.03 ^{ab} | 0.78±0.01 ^b |
| 赖氨酸 Lys | 2.00±0.06 ^a | 1.76±0.06 ^b | 1.56±0.04 ^c |
| 组氨酸 His | 0.48±0.01 ^a | 0.42±0.02 ^{ab} | 0.36±0.00 ^b |
| 精氨酸 Arg | 1.29±0.01 ^a | 1.15±0.07 ^{ab} | 1.05±0.00 ^b |
| 氨基酸总量 TAA | 19.86±0.52 ^a | 17.55±0.65 ^b | 15.89±0.11 ^c |
| 必需氨基酸总量 EAA | 8.43±0.00 ^a | 7.56±0.23 ^b | 6.63±0.31 ^c |
| EAA/TAA | 42.47±1.12 ^a | 43.06±0.29 ^a | 41.74±1.64 ^a |
| 鲜味氨基酸总量 DAA | 7.76±0.17 ^a | 6.88±0.28 ^b | 6.40±0.01 ^b |
| DAA/TAA | 39.23±0.35 ^a | 39.22±0.18 ^a | 40.31±0.20 ^a |

1 种非蛋白氨基酸: 牛磺酸。由表 4 可以看出, 3 种形态赤点石斑鱼肌肉的各种氨基酸含量高低顺序基本一致, 最高的是谷氨酸, 分别为(3.26±0.06)%、(2.88±0.11)%、(2.65±0.01)%, 最低的为胱氨酸, 分别为(0.28±0.01)%、(0.19±0.01)%。正常形态鱼、脊椎畸形鱼、鳃颌畸形鱼肌肉氨基酸总量分别为(19.86±0.52)%、(17.55±0.65)%、(15.89±0.11)%, 三者之间差异显著。3 类鱼肌肉中必需氨基酸总量占氨基酸总量的比值(W_{EAA}/W_{TAA})分别为(42.47±1.12)%、(43.06±0.29)%、(41.74±1.64)%, 均符合 FAO/WHO (1973)理想模式中质量较好蛋白质的 W_{EAA}/W_{TAA} 高于 35.38% 的要求。

鱼肉味道的鲜美程度往往决定于肌肉中鲜味氨基酸的组成与含量, 鲜味氨基酸的含量越多, 鱼的味道也就越加鲜美。鲜味氨基酸主要有谷氨酸、天门冬

氨酸、甘氨酸和丙氨酸共 4 种。由表 4 可以看出, 脊椎畸形和鳃颌畸形鱼鲜味氨基酸总量分别为(6.88±0.28)%、(6.40±0.01)%, 与正常鱼的(7.76±0.17)% 差异显著。

2.5.2 营养品质评价 3 类赤点石斑鱼的 AAS、CS、EAAI 见表 5。从表 5 可以看出, 鱼类营养价值主要取决于肌肉中蛋白质和脂肪的含量, 蛋白质营养价值的高低主要取决于所含必需氨基酸的种类、数量及比例。AAS 和 CS 是评定食物氨基酸营养性能的重要指标。3 类形态赤点石斑鱼的 AAS、CS 高低顺序基本一致, 且同种氨基酸值的大小均为正常鱼 > 脊椎畸形鱼 > 鳃颌畸形鱼, 两种畸形鱼肌肉必需氨基酸的组成均衡度及含量丰富度均差于正常鱼。经过计算, 3 类赤点石斑鱼的 EAAI 分别为 89.25±0.27、83.04±1.32、73.82±0.86, 三者之间差异显著。

表5 畸形赤点石斑鱼肌肉必需氨基酸组成

Tab.5 Essential amino acids components in deformed *E. akaara* (%)

| 必需氨基酸 EAA | 鸡蛋蛋白 Egg protein | FAO 评分模式 Score model of FAO | 正常形态鱼 | | | 脊椎畸形鱼 | | | 鳃颌畸形鱼 | | |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------|------|------|-------------------------|------|------|-------------------------|------|------|
| | | | Normal form | | | Spinal deformity | | | Gill and jaw deformity | | |
| | | | EAA | AAS | CS | EAA | AAS | CS | EAA | AAS | CS |
| 苏氨酸 Thr | 292 | 250 | 284 | 1.14 | 0.97 | 264 | 1.06 | 0.90 | 243 | 0.97 | 0.83 |
| 缬氨酸 Val | 411 | 310 | 285 | 0.92 | 0.69 | 265 | 0.85 | 0.64 | 239 | 0.77 | 0.58 |
| 蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys | 386 | 220 | 263 | 1.20 | 0.68 | 253 | 1.15 | 0.66 | 205 | 0.93 | 0.53 |
| 异亮氨酸 Ile | 331 | 250 | 270 | 1.08 | 0.82 | 252 | 1.01 | 0.76 | 227 | 0.91 | 0.69 |
| 亮氨酸 Leu | 534 | 440 | 497 | 1.13 | 0.93 | 464 | 1.05 | 0.87 | 419 | 0.95 | 0.78 |
| 苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Try | 565 | 380 | 540 | 1.42 | 0.96 | 486 | 1.28 | 0.86 | 433 | 1.14 | 0.77 |
| 赖氨酸 Lys | 441 | 340 | 601 | 1.77 | 1.36 | 555 | 1.63 | 1.26 | 498 | 1.46 | 1.13 |
| 必需氨基酸指数 EAAI | | | 89.25±0.27 ^a | | | 83.04±1.32 ^b | | | 73.82±0.86 ^c | | |

表6 正常与畸形骨骼中矿物质含量的比较

Tab.6 Comparison of mineral contents in normal and deformed bones of *E. akaara* (mg/kg)

| 组别 Group | Cu | Zn | Fe | Mn | Ca ($\times 10^5$) | P ($\times 10^4$) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 正常脊椎 Normal spine | 1.11±0.18 ^a | 58.25±2.55 ^a | 76.00±4.40 ^c | 31.95±0.55 ^b | 1.72±0.01 ^a | 9.12±0.06 ^a |
| 畸形脊椎 Deformed spine | 0.90±0.37 ^a | 64.70±1.50 ^a | 46.35±0.25 ^b | 22.30±0.10 ^a | 1.69±0.13 ^a | 9.02±0.40 ^a |
| 正常鳃颌 Normal gill and jaw | 1.03±0.07 ^a | 72.60±0.40 ^b | 34.00±0.80 ^a | 36.07±0.05 ^b | 2.03±0.01 ^a | 10.67±0.06 ^a |
| 畸形鳃颌 Deformed gill and jaw | 0.95±0.02 ^a | 73.70±0.10 ^b | 33.90±0.86 ^a | 32.60±1.00 ^b | 2.04±0.08 ^a | 10.50±0.30 ^a |

2.6 正常与畸形骨骼中的矿物质含量

矿物质对鱼类的骨骼发育具有重要影响。本研究测定了赤点石斑鱼正常鱼与畸形鱼骨骼中 Cu、Zn、Fe、Mn、Ca、P 共 6 种矿物质元素,测定结果可以看出,正常鱼和畸形的脊椎骨、鳃颌骨中 Cu、Ca、P 矿物质含量间差异均不显著,正常鱼和畸形鱼鳃颌骨中的 Zn、Fe、Mn 含量间差异不显著,而正常鱼和畸形鱼脊椎骨中 Fe、Mn 含量差异显著,Fe 的含量分别为(76.00±4.40)%、(46.35±0.25)%, Mn 的含量分别为(31.95±0.55)%、(22.30±0.10)%。

3 讨论

3.1 畸形赤点石斑鱼的形态观察

室内工厂化养殖的赤点石斑鱼中发生的畸形除了常见的脊椎、鳃颌骨异常外,还有鳍条发育异常或缺失、突眼、盲目等,这与已报道的青石斑鱼(*Epinephelus awoara*)(王秋荣等, 2012)和七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)(Nagano *et al.*, 2007)的畸形症状相似。通过观察分析发现,脊椎和鳃颌畸形的鱼形态发育如外形、全长、体重等与正常的赤点石斑鱼的相差较大。因此,本研究中同步选取正常、脊椎畸形、鳃颌骨畸形 3 类赤点石斑鱼作为实验对象,对其骨骼发育采用硬骨-软骨双染色法(Dingerkus *et al.*, 1977)。方法中涉及到酸碱溶液对鱼体的长时间处理,而研究中需要对骨骼中 Ca、P 等矿物质元素测定,为避免易溶元素的

流失,结合含肉率测定方法,对鱼体经热煮、清洗的方法进行骨肉分离。

3.2 含肉率及一般营养成分分析

体重、含肉率是衡量鱼类品质和生产性能的重要指标之一,因鱼的种类、品种、生活环境和饲料的不同而异(杨兴丽等, 2004)。脊椎畸形鱼由于脊椎发育异常,其躯体生长和游动能力受到限制,鳃颌畸形鱼由于上下颌闭合困难,严重影响摄食,因此,两种畸形形态鱼的生长发育(体长、体重等)不如正常鱼。脊椎畸形与鳃颌畸形赤点石斑鱼的含肉率分别为(71.12±1.45)%、(71.28±0.39)%,明显低于正常鱼的(78.58±0.20)%,但仍高于一些常见的经济鱼类,如黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)(黄峰等, 1999)(67.72%)、暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)(徐大为等, 2008)(38.75%)等。

营养学上认为,食品中的干物质含量越高,其总养分含量也就越高。本研究中,鳃颌畸形鱼的水分含量最高,为(78.55±0.36)%。蛋白质和脂肪含量是评价鱼肉营养价值的重要指标,3 类赤点石斑鱼间的蛋白质含量比较接近,且都高于一些常见的海水经济鱼类(程波等, 2009)。脂肪是石斑鱼类非常重要的一种能量来源,在本研究中,脊椎畸形鱼的脂肪含量明显高于正常鱼,可能是脊椎畸形鱼的游动能力弱,活动量较少,消耗的能量少,因此,鱼体脂肪含量较高;鳃颌畸形鱼的脂肪含量低于正常鱼,可能是摄食不足,消耗脂肪提供能量造成的。

3.3 氨基酸分析与营养品质评价

氨基酸的组成和含量,尤其是人体所需的8种必需氨基酸含量的高低和构成比例,是评价食物蛋白质营养的最重要指标(万松良等,2008)。本研究结果显示,3类赤点石斑鱼肌肉中氨基酸总量和必需氨基酸总量间均差异性显著,且都为正常鱼>脊椎畸形鱼>鳃颌畸形鱼,但三者均符合FAO/WHO(1973)提出的必需氨基酸占氨基酸总量为40%左右,与非必需氨基酸的比值为0.6以上的标准,都属于优质蛋白质。

鱼肉味道的鲜美程度一般取决于肌肉中鲜味氨基酸的组成与含量(张本等,1996)。鲜味氨基酸包括谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸,其中以谷氨酸的鲜味为最强。本研究中,脊椎畸形和鳃颌畸形鱼鲜味氨基酸总量都低于正常鱼,但仍高于一些其他鲷科和鲷科(程波等,2009)等海水经济鱼类。

EAAI以鸡蛋蛋白质必需氨基酸为参评标准,是评价食物蛋白质营养价值的常用指标之一(黄蜂等,1999)。本研究结果显示,脊椎畸形和鳃颌畸形鱼赤点石斑鱼的EAAI分别为(83.04±1.32)、(73.82±0.86),明显低于正常赤点石斑鱼的(89.25±0.27),但仍高于鳊鱼(*Siniperca chuatsi*)(62.30)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)(54.39)、鲩状黄姑鱼(*Nibea miichthioides*)世纪(64.26)、真鲷(*Pagrosomus major*)(48.38)及平鲷(*Rhabdosargus sarba*)(67.06)等经济鱼类(刘世禄等,2002);也进一步表明,畸形赤点石斑鱼肌肉的氨基酸组成和肌肉品质虽然不如正常赤点石斑鱼,但相对于其他常见经济鱼类,其氨基酸组成仍然是比较理想的,肌肉也具有相当高的营养价值。

3.4 矿物质对骨骼畸形的影响

矿物质是鱼体的重要组成部分,也是鱼类维持正常生理功能所必需的物质。其中,Ca、P是鱼类骨骼的重要组成部分,Ca、P缺乏会导致鱼类骨骼发育不良。Lall等(2002)研究表明,如缺乏P,鱼类表现为生长减缓,骨矿化程度降低和骨骼畸形。Shearer等(1987)用去骨的鳕鱼片饲喂虹鳟(*Salmo gairdneri*),发现鱼体中的Ca、P水平显著下降,鱼体骨骼都出现一系列的S状形变。在饲料中补充 NaH_2PO_4 ,全鱼的Ca、P水平恢复正常,畸形得以恢复。从而证实虹鳟脊椎弯曲变形是由于P的缺乏。

此外,Cu、Zn等微量元素虽然高浓度时对鱼有很明显的致畸作用(孔祥迪等,2014),但含量较低时也会对鱼的生长产生不良影响,因为这些微量元素也都是鱼类生长中所必需的。如张涛(2006)的研究结果

显示,畸形组与正常组之间重金属的含量无显著性差异,而且研究中还发现,畸形组中Mn、Zn等含量较正常组低,无显著性差异($P>0.05$),这说明史氏鲷畸形的原因不是由于重金属的积累引起的,相反可能是由于缺少如Mn、Zn这样的微量元素造成的。Lorentzen(1999)对大西洋鲑(*Salmo salar*)和Ramseyer(1999)对虹鳟的营养研究表明,当饵料中缺乏Mn、Zn、Fe和Cu等微量元素时,生长速度减慢,死亡率升高。

本研究表明,除了畸形脊椎骨中Fe、Mn含量较之正常组低,且差异显著外,其他畸形组与正常组之间的矿物质含量无显著差异,这说明赤点石斑鱼脊椎畸形的原因可能是缺少Fe、Mn等微量元素造成的。因此,应考虑在赤点石斑鱼的饲料配方中适当添加这两种物质。

3.5 畸形诱因分析及可利用建议

在人工养殖赤点石斑鱼中,从胚胎发育阶段开始就一直伴随着大量畸形的发生,在生长发育早期由于活力弱、抗病能力低,具有很高的死亡淘汰率。随着生长,鳃颌骨畸形错位或无法闭合、身体短小弯曲等畸形鱼开始大量出现并存活下来,由于这些骨骼畸形个体生长缓慢,外形怪异而商品价值较低,为了节约养殖成本,养殖者会定期的筛选剔除畸形鱼。对于畸形鱼的处理一般是较小个体直接丢弃或作为其他鱼类饵料,较大的以很低的价格销售,极大的影响了养殖效益。本研究测定和分析了正常、脊椎畸形、鳃颌畸形3类鱼的形体指标、肌肉营养成分及品质,结果显示,虽然两种畸形鱼的营养价值低于正常鱼,但仍高于很多其他常见的经济鱼类,因此,对于此类畸形鱼完全可以加工成不同的肉食制品,即保证了较高的营养成分,又消除了怪异外形对价格的影响,在很大程度上提高此类畸形鱼的商品价值。

人工养殖中发生的畸形是制约石斑鱼养殖业健康、快速发展的主要因素之一。造成鱼体骨骼畸形的原因十分复杂,既有遗传因素,又有环境条件如温度、盐度、pH、溶氧量及有害物质等的影响。本研究结果显示,赤点石斑鱼脊椎畸形的原因是缺少Fe、Mn等微量元素造成的,因此,在赤点石斑鱼的饲料配方中应考虑适当添加这两种物质的量。对于其他引起畸形的诱发原因尚不清楚,有待进一步的研究。

参 考 文 献

马荣和,李加儿,周宏国,等.赤点石斑鱼人工育苗的初步研究.海洋渔业,1987,9(4):158-160,153

- 万松良, 黄永涛, 刘敏, 等. 瓦氏黄颡鱼的含肉率及营养成分分析. 水利渔业, 2008, 28(3): 59-61
- 毛国民, 辛俭, 史海东. 饵料对赤点石斑鱼亲鱼产卵效果的影响. 浙江海洋学院学报, 2004, 23(4): 295-301
- 王秋荣, 毕建功, 林利民, 等. 青石斑鱼骨骼发育异常的形态特征. 大连海洋大学学报, 2012, 27(5): 417-421
- 孔祥迪, 陈超, 李炎璐, 等. Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 对七带石斑鱼 (*Epinephelus septemfasciatus*) 胚胎和初孵仔鱼的毒性效应. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 115-121
- 叶鹏, 蔡厚才, 许明海, 等. 不同培育方式对赤点石斑鱼成熟、产卵和孵化的影响. 海洋渔业, 2006, 28(3): 201-205
- 刘世禄, 王波, 张锡烈, 等. 美国红鱼的营养成分分析与评价. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 25-32
- 张涛, 庄平, 章龙珍. 人工养殖史氏鲷畸形原因探讨. 海洋渔业, 2006, 28(3): 185-189
- 杨兴丽, 周晓林, 穆庆华, 等. 暗纹东方纯含肉率及肌肉营养成分分析. 水利渔业, 2004, 24(3): 27-28
- 张本, 陈国华. 四种石斑鱼氨基酸组成的研究. 水产学报, 1996, 20(2): 111-119
- 郑乐云, 黄种持, 危林丹, 等. 赤点石斑鱼精子的超低温冷冻及短期保存. 海洋科学, 2013, 37(3): 38-43
- 林建斌, 陈度煌, 朱庆国, 等. 3种石斑鱼肌肉营养成分比较初探. 福建农业学报, 2010, 25(5): 548-553
- 姚闻卿, 胡菊英. 几种鱼类畸形及致畸原因的分析. 安徽大学学报, 1993, 17(1): 90-95
- 桥本芳郎. 养鱼饲料学. 蔡完其译. 北京: 中国农业出版社, 1980, 114-115
- 徐大为, 邢克智, 张树森, 等. 点带石斑鱼的肌肉营养成分分析. 水利渔业, 2008, 28(3): 54-56
- 黄剑南, 林鑫, 翁少萍, 等. 赤点石斑鱼诺达病毒的纯化及其衣壳蛋白的Western-blot分析. 南方水产, 2005, 1(5): 33-36
- 黄峰, 严安生, 熊传喜, 等. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养评价. 淡水渔业, 1999, 29(10): 3-6
- 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. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 51-57
- Dingerkus G, Uhler LD. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. Stain Tech, 1977, 52(52): 229-232
- FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee Energy and protein requirements. FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973, 52: 40-73
- Lall S P. The minerals. In: Halver JE, Hardy RW. Fish Nutrition, 3ed. Academic Press, New York, 2002, 264-274
- Lorentzen M, Maage A. Trace element status of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed a fish meal based diet with or without supplementation of zinc, iron, manganese and copper from first feeding. Aquac Nutri, 1999, 5(3): 163-171
- Nagano N, Hozawa A, Fujik W, et al. Skeletal development and deformities in cultured larval and juvenile seven-band grouper, *Epinephelus septemfasciatus*(Thunber). Aquac Res, 2007, 38(2): 121-130
- Peilett PL, Yong VR. Nutritional evaluation of protein foods. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980, 26-29
- Ramseyer L, Garling D, Hill G, et al. Effect of dietary zinc supplementation and phytase pre-treatment of soybean meal or corn gluten meal on growth, zinc status and zinc-related metabolism in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Fish Physiol Biochem, 1999, 20(3): 251-261
- Shearer KD, Hardy RW. Phosphorus deficiency in rainbow trout fed a diet containing deboned fillet scrap. Prog Fish Cult, 1987, 49(3): 192-197

(编辑 陈严)

Nutritional Values of 2-Year-Old Cultured *Epinephelus akaara* and Causes of Its Common Deformities

KONG Xiangdi^{1,2}, LIU Li^{1,2}, LI Yanlu², YU Huanhuan^{1,2},
ZHAI Jieming³, PANG Zunfang, XU Wantu⁴, CHEN Chao^{2①}

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 3. Laizhou Mingbo Aquatic Co. Ltd, Yantai 261418; 4. Xiangshan Gangwan Aquatic Seeding Limited Company of Ningbo, Ningbo 315700)

Abstract Common malformations were observed in artificially cultured *Epinephelus akaara*. The malformations could be divided into two categories: the spinal deformity and gill jaw deformity. To compare the nutritional values of the two types of deformed fish and normal ones, conventional nutrient determination methods were applied to analyze the body indices and muscle nutrient component and quality. The results were shown as follows: (1) The total length and muscle rate of spinal deformed fish were (21.97±1.50) cm and (71.12±1.45)% respectively. Those of gill and jaw deformed fish were (22.43±0.12) cm and (71.28±0.39)%. The values of both were significantly different from those of normal fish (25.70±0.75) cm and (78.58±0.20)%. (2) The difference in muscle crude protein and crude ash between the three types was small and insignificant, whereas the crude fat content of spinal deformed (3.55±0.06)%, there was a significant difference between the normal fish (2.71±0.07)% and gill jaw deformed (2.48±0.01)%. (3) The amino acid content and essential amino acid index of spinal deformed [(17.55±0.65%) and 83.04] and gill jaw deformed [(15.89±0.11)% and 73.82] were lower than those of normal fish [(19.86±0.52)% and 89.25]. (4) In terms of meat quality, cohesion, elasticity, adhesiveness, and chewiness were compared between the three groups, and the order was normal fish > spinal deformed fish > fish gill and jaw deformed fish. Comprehensive analysis suggested that nutritional values of the two types of deformed fish were lower than that of normal fish, and it was the lowest in the gill and jaw deformed. In addition, we also tested the levels of elements such as Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, and P in spines and gill and jaw bones of the three types of fish. We found that there was no significant difference in these elements in the spine, except for Fe and Mn. This indicated that the change in Fe and Mn content might be the cause of spinal deformity in cultured *E. akaara*.

Key words *Epinephelus akaara*; Deformity; Muscle nutrient components; Mineral

① Corresponding author: CHEN Chao, E-mail: ysfrichenchao@126.com