

不同饵料对条纹锯鲷幼鱼生长与肌肉营养成分的影响

吴雷明^{1,2} 陈超^{1,2*} 王鲁¹ 贾瑞锦^{1,2} 赵从明³
宋振鑫^{1,2} 李炎璐^{1,2} 曲江波⁴ 孙涛⁴

(¹农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 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天津立达海水资源开发有限公司, 天津 300280)

(⁴烟台开发区天源水产有限公司, 烟台 264006)

摘要 采用颗粒饲料(A组)、颗粒饲料与鲜饵料(B组)、纯鲜饵料(C组)对三组条纹锯鲷 *Centropristis striata* Linnaeus 生长性能及营养成分进行观察和分析比较。结果显示,颗粒饲料营养物质含量(除少数脂肪酸外)远大于鲜饵料,营养价值较高,在饵料的利用率以及鱼体的生长发育方面拥有一定优势。颗粒饲料中蛋白质含量为 45.4%,是鲜饵料的 3.66 倍,相对于鲜饵料而言,颗粒饲料提供了充足的蛋白质。A 组条纹锯鲷幼鱼蛋白质含量(20.3%)高于其他两组,C 组含量最低,三组生长效率由高到低为 A 组 > B 组 > C 组。A、B、C 三组必需氨基酸指数分别为 54.93、66.40、61.02, B 组的必需氨基酸指数最高,营养价值更丰富。C 组多不饱和脂肪酸(PUFA)含量最高,分别高出 A、B 两组 5.94%、7.84%,其中,二十碳五烯酸(EPA)与二十二碳六烯酸(DHA)含量分别比 A、B 两组高 13.26%、9.61%。实验中共检测出 5 种鲜味氨基酸:谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、精氨酸和丙氨酸,除精氨酸外,其余 4 种为非必需氨基酸(NEAA)。C 组鲜味氨基酸含量为 5.9%,占总氨基酸的 42.66%,高出 A 组 8.8%、B 组 10%。以整体生长效果与营养物质组成作为标准评价实验效果:C 组 > A 组 > B 组。

关键词 条纹锯鲷;饵料;生长性能;营养分析

中图分类号 S965.3 文献标志码 A 文章编号 1000-7075(2014)02-0042-09

Comparison of growth performance and nutritional components in muscles of *Centropristis striata* juveniles fed with different diets

WU Lei-ming^{1,2} CHEN Chao^{1,2*} WANG Lu¹ JIA Rui-jin^{1,2}
ZHAO Cong-ming³ SONG Zhen-xin^{1,2} LI Yan-lu^{1,2} QU Jiang-bo⁴ SUN Tao⁴

(¹Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(²College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306)

(³Tianjin Leadar Marine Resources Development Co, Ltd, Tianjin 300280)

(⁴Tianyuan Fisheries Co. Ltd., Yantai 264006)

ABSTRACT This research compared growth performance and nutritional components in the mus-

科技部国际合作项目(2012DFA30360)和天津市滨海新区项目(201004070)共同资助

* 通讯作者。E-mail: ysfri.chen.chao@126.com

收稿日期:2012-12-21;接受日期:2013-03-05

作者简介:吴雷明(1987-),男,硕士研究生,主要从事海水鱼类繁育和养殖生态研究。E-mail: LeiMing4854@163.com

cles of *Centropristis striata* juveniles feeding on artificial diet only (Group A), artificial diet mixed with fresh fish (Group B), and fresh fish only (Group C) respectively. The results showed that the contents of nutrition in the artificial diet were much higher than those in the fresh diet, and the artificial diet had a certain advantage in terms of diet utilization, fish growth and development. The protein content in the artificial diet was 45.4%, which was 3.66 times of the fresh diet. Relative to the fresh diet, artificial diet provided adequate protein nutrition. The protein content in muscles of *C. striata* of Group A (20.3%) was higher than that of other two groups, and Group C was the lowest. The essential amino acid index (EAAI) of the three groups was 54.93 (Group A), 66.40 (Group B), and 61.02 (Group C). The content of PUFA in Group C was higher than Group A (5.94% higher) and Group B (7.84% higher). The content of EPA and DHA in Group C were higher than Group A (13.26% higher) and Group B (9.61% higher). The five delicious amino acids were detected, including Glu, Asp, Gly, Ala and Arg. The content of five delicious amino acids in Group C was 5.9%, and the ratio of total delicious amino acids in total amino acids (DAA/TAA) was 42.66%, which was higher than Group A (8.8% higher) and Group B (10% higher). In terms of the growth effect and nutrient, Group C is better than Group A and Group B. This research result will provide a reference for nutritional properties, feed development and feeding strategy.

KEY WORDS *Centropristis striata* Linnaeus; Diet; Growth performance Nutritional analysis

条纹锯鲈 *Centropristis striata* Linnaeus, 常用名美洲黑石斑鱼, 属于鲈科 Serranidae、石斑鱼亚科 Serraninae、锯鲈属 *Centropristis*, 原产于加拿大东南和美国东岸近海及墨西哥湾水域 (Able *et al.* 1995; 贾瑞锦等 2012)。2002年, 我国山东省引进条纹锯鲈 (王波等 2003), 并于2006年驯化繁育成功 (雷霖霖等 2007)。条纹锯鲈属于广温、广盐性鱼类, 并且具有耐低氧、病害少、抗逆性强等特点, 适合在我国东部、东南沿海温带和亚热带水域开展深水网箱、工厂化、池塘养殖等养殖模式, 是海水养殖业进行海洋生物高值化技术开发理想的选择 (褚衍伟 2004)。

党冉等 (2010) 对美洲黑石斑鱼的含肉率及肌肉营养成分进行了分析比较, 邱金海等 (2009) 也对美洲黑石斑鱼的营养成分及营养价值进行了评价, 都认为此鱼口感鲜软清爽、营养丰富, 富含 EPA 与 DHA, 具有较高的营养价值和保健功效, 具有很大的开发潜力与市场前景。本研究探讨了不同饵料对条纹锯鲈生长性能及营养成分的影响, 旨在为营养需求研究及饲料研制提供参考, 以促进在我国开展条纹锯鲈的人工养殖。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验于2011年10月在山东省烟台开发区天源水产有限公司进行, 实验周期52 d。选用体色正常、健壮无伤病的条纹锯鲈幼鱼作为实验对象, 平均体重(52 ± 5) g。饲料为烟台升索人工颗粒饲料、鲜活饵料 (玉筋鱼, 俗称面条鱼)。

1.2 实验设施与条件

实验容器为0.5 m³的圆形塑料桶, 实验桶位置完全随机选择。实验采用深井海水, 微量充气, 微流水饲养。水温(15 ± 1) °C, 盐度为 30 ± 1 , pH 7-8。

1.3 实验设计

实验设 A、B、C 三组, 每组设 3 个重复, 每个重复 30 尾实验鱼, 分别投喂颗粒饲料 (A 组)、颗粒饲料与鲜活

饵料(B组)、鲜活饵料(C组),B组颗粒饲料与鲜活饵料交替投喂。每天14:00饱食投喂,每天投喂1次(水温为14℃时,两天投喂1次),投喂1h后捞出残饵,换水2/3。实验共51d。

残饵处理方法:1)颗粒饲料:称取1000粒颗粒饲料重量,计算出1粒颗粒饲料平均重量。捞出残饵后,颗粒数乘以一粒颗粒饲料平均重量,计算出残饵的重量,从而得到幼鱼摄食饵料重量;2)鲜活饵料:投喂后,用捞网捞出未摄食的饵料鱼,称重,用投喂鲜活饵料的重量减去残饵重量,计算出幼鱼摄食鲜活饵料的重量。

1.4 测定指标

实验中期与结束时,每桶取5尾,测量幼鱼的全长、体长、体重,-20℃保存,送国家水产品质量监督检验中心检测鱼体各成分含量。取材方法按国标检测要求检测各项值。摄食率(FR)、增重率(WGR)、生长效率(GE)、特定生长率(SGR)、饲料系数(FCR)和氨基酸含量,分别按下列公式计算:

$$FR = \text{摄食量} / [(\text{鱼体终重} + \text{鱼体初重}) / 2] / \text{实验周期} \times 100$$

$$WGR = (\text{终末体重} - \text{初始体重}) / \text{初始体重} \times 100$$

$$GE = (\text{鱼体终重} - \text{鱼体初重}) / \text{摄食量} \times 100$$

$$SGR = (\ln \text{终末平均体重} - \ln \text{初始平均体重}) / \text{试验天数} \times 100$$

$$FCR = \text{摄食量} / (\text{终末体重} - \text{初始体重}) \times 100$$

$$\text{氨基酸含量}(\text{mgN/g}) = \frac{\text{氨基酸含量}\%(\text{鲜样})}{\text{蛋白质含量}\%(\text{鲜样})} \times 6.25 \times 1000$$

1.5 营养品质评价方法

根据FAO/WHO 1973年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行分析比较,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(王波等 2003;雷霖等 2007)

$$AAS = \frac{\text{待评蛋白质中某种必需氨基酸含量}(\text{mgN/g})}{\text{FAO评分模式中某种必需氨基酸含量}(\text{mgN/g})}$$

$$CS = \frac{\text{待评蛋白质中某种必需氨基酸含量}(\text{mgN/g})}{\text{鸡蛋蛋白质中某种必需氨基酸含量}(\text{mgN/g})}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{\text{苏氨酸} a}{\text{苏氨酸} b} \times 100 \times \frac{\text{缬氨酸} a}{\text{缬氨酸} b} \times 100 \times \frac{\text{脯氨酸} a}{\text{脯氨酸} b} \times 100}$$

式中, n 为比较的氨基酸数, a 为试验蛋白质的氨基酸(mgN/g), b 为鸡蛋蛋白质的氨基酸(mgN/g)。

运用SPSS 17.0统计软件进行单向方差分析(One-Way ANOVA)比较法检验组间差异, $P < 0.05$ 表明差异显著, $P > 0.05$ 差异不显著。

2 结果

2.1 不同饲料对条纹锯鲷幼鱼生长性能的影响

各组条纹锯鲷幼鱼生长性能见表1。三组条纹锯鲷幼鱼增重率由高到低为C组>A组>B组,生长效率为A组>B组>C组,摄食率为A组<B组<C组,饲料系数为A组<B组<C组。A组与B组条纹锯鲷幼鱼在全长、体长、平均终体重、增重率、特定生长率方面差异不明显,C组除生长效率外,其余所测指标都大于A、B两组,部分指标差异性较大。A组条纹锯鲷幼鱼虽然拥有最高的生长效率,而由于摄食率较低,导致其增重率与特定生长率分别比C组低26.7%、20.8%。结果显示,C组生长效果优于其他两组,B组生长效果低于A组。

表1 三组条纹锯鲈生长性能比较分析

Table 1 Comparison and analysis of growth performance of *C. striata* in three groups

分组 Group	初全长 L_1 (cm)	终全长 L_2 (cm)	初体重 W_1 (g)	终体重 W_2 (g)	增重率 WGR (%)	摄食率 FR (%)	特定生长率 SGR (%)	生长效率 GE (%)	饲料系数 FCR (%)
A	14.18 ± 0.6	15.19 ± 0.8 ^a	52.06 ± 5	64.65 ± 2 ^a	21.67	0.33	0.42	114.23	87.54
B	14.18 ± 0.6	15.64 ± 0.6 ^a	52.06 ± 5	64.92 ± 3 ^a	20.88	1.04	0.42	35.04	285.39
C	14.18 ± 0.6	15.88 ± 0.3 ^b	52.06 ± 5	71.13 ± 1 ^b	29.56	3.07	0.53	16.11	620.66

注:同一列上方参数字母不相同则有显著差异($P < 0.05$)

Note: Values within the same column with different superscript are significantly different ($P < 0.05$)

2.2 不同饵料对条纹锯鲈幼鱼鱼体成分的影响

经过 52 d 的饲养,测得三组条纹锯鲈幼鱼水分含量逐渐降低(B组 > C组 > A组),A组最高,为 74.4%,C组最低,为 73.8%,差异不明显。颗粒饲料蛋白质含量为 45.4%,是鲜饵料的 3.66 倍,相对于鲜饵料,颗粒饲料提供了充足的蛋白质来源。A组条纹锯鲈幼鱼蛋白质含量大于其他两组,C组含量最低;B组投喂了部分颗粒饲料,弥补了鲜饵料蛋白质含量的不足,B组蛋白质含量高于只投喂鲜饵料的C组(表2)。

表2 饵料及三组条纹锯鲈幼鱼体的成分

Table 2 Composition of diets and muscles of three groups of *C. striata* feeding on different diets

分组 Group	颗粒饲料 Artificial pellets	鲜饵料 Fresh diet	A	B	C
水分 Moisture (%)	9.32	81.4	74.4	74.1	73.8
蛋白质 Protein (%)	45.40	12.4	20.3	20.0	19.6

2.3 饵料种类对条纹锯鲈幼鱼肌肉氨基酸组成及含量的影响

实验饵料与三组条纹锯鲈幼鱼肌肉氨基酸组成与含量比较见表3。本次实验,各组共检测出水解性氨基酸 16 种,其中必需氨基酸(EAA)7种,半必需氨基酸(HEAA)两种,非必需氨基酸(NEAA)7种,未能检测出色氨酸与胱氨酸。颗粒饲料各种氨基酸含量都远远大于鲜饵料,而所检测的指标中并不是投喂颗粒饲料的A组石斑幼鱼含量最高,A组只有 HEAA 含量大于 B、C 两组。3 组氨基酸总量由高到低为 B > A > C。三组含量最高与最低的氨基酸都是非必需氨基酸,A组最小值氨基酸为谷氨酸,B组与C组相同,为脯氨酸;A组与B组最大值氨基酸相同,为丙氨酸,C组为亮氨酸。

B组 EAA 含量最高,分别高出 A、C 两组 16.6%、10.6%。三组必需氨基酸含量最低的氨基酸种类各不相同,A组为异亮氨酸(0.46%),B组为缬氨酸(0.49%),C组为蛋氨酸(0.54%);最高含量的氨基酸为同一种氨基酸——亮氨酸,含量由高到低为 B组 > C组 > A组。三组 HEAA 变化规律相同,同为组氨酸 < 精氨酸,总含量由 A组到 C组逐渐降低。C组 NEAA 含量最高,A、B 两组相同。A、B、C 三组含量最高的 NEAA 种类相同,同为丙氨酸;含量最低的 NEAA,A组为谷氨酸,B、C 两组相同,为脯氨酸。

鱼体肌肉中鲜味氨基酸(DAA)的组成与含量,在一定程度上决定着鱼肉的味道是否鲜美,DAA 所占氨基酸总量的百分比越高,越能体现出其鲜美程度。本次实验共检测出 5 种鲜味氨基酸:谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸和精氨酸,除精氨酸外,其余 4 种都为 NEAA。谷氨酸、天冬氨酸为呈鲜味的特征氨基酸,其中谷氨酸的鲜味最强(邢旭文等 2006);甘氨酸、丙氨酸是呈甘味的特征氨基酸(潘英等 2001)。投喂鲜饵料的 C 组鲜味氨基酸含量为 5.90%,占总氨基酸的 42.66%,高出 A 组 8.8%、C 组 10%。

表3 饲料及三组条纹锯鲈肌肉中氨基酸的组成及含量

Table 3 Amino acids composition and contents in diets and muscles of *C. striata* in three groups

氨基酸 Amino acids	颗粒饲料 Artificial pellets(%)	鲜饵料 Fresh diet(%)	A(%)	B(%)	C(%)
苏氨酸 Thr ^a	1.42	0.39	0.62	0.68	0.62
缬氨酸 Val ^a	2.08	0.52	0.62	0.49 [#]	0.83
蛋氨酸 Met ^a	1.00	0.33	0.61	0.76	0.54 [#]
异亮氨酸 Ile ^a	1.41	0.35	0.46 [#]	1.08	0.58
亮氨酸 Leu ^a	4.08	0.92	1.30 [*]	1.76 [*]	1.62 [*]
苯丙氨酸 Phe ^a	1.83	0.38	0.70	0.76	0.70
赖氨酸 Lys ^a	1.62	0.54	1.20	1.08	1.02
组氨酸 His ^b	1.22	0.28	0.42	0.48	0.44
精氨酸 Arg ^b	2.14	0.53	1.00	0.88	0.82
天门冬氨酸 Asp ^c	3.18	0.80	1.18	1.48	1.39
丝氨酸 Ser ^c	2.26	0.56	0.74	0.90	0.84
谷氨酸 Glu ^c	3.06	0.62	0.24 [#]	0.56	1.06
甘氨酸 Gly ^c	2.66	0.78	1.24	0.63	1.07
丙氨酸 Ala ^c	3.88	1.07	1.72 [*]	1.76 [*]	1.56 [*]
酪氨酸 Tyr ^c	0.68	0.25	0.46	0.49	0.46
脯氨酸 Pro ^c	1.41	0.28	0.57	0.33 [#]	0.28 [#]
EAA	13.44	3.43	5.51	6.61	5.91
HEAA	3.36	0.81	1.42	1.36	1.26
NEAA	17.13	4.36	6.15	6.15	6.66
TAA	33.93	8.60	13.08	14.12	13.83
DAA	14.92	3.80	5.38	5.31	5.90
DAA/TAA	43.97	44.18	41.13	37.60	42.66

a. 必需氨基酸(EAA); b. 半必需氨基酸(HEAA); c. 非必需氨基酸(NEAA); #各组含量最低的氨基酸; * 各组含量最高的氨基酸

a. Essential amino acids (EAA); b. semi-essential amino acids (HEAA); c. non-essential amino acids (NEAA); #. The lowest amino acid content in each group; *. The highest amino acid content in each group

2.4 不同饲料对条纹鲈幼鱼脂肪酸组成与含量的影响

实验饵料与三组条纹锯鲈幼鱼肌肉脂肪酸组成及含量见表4。两种饵料与3个处理组各检测出16种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)3种,单不饱和脂肪酸(MUFA)6种,多不饱和脂肪酸(PUFA)7种。两种饵料中脂肪酸含量变化规律各不相同,颗粒饲料中MUFA含量最低,SFA含量最高;鲜饵料中SFA含量最低,PUFA含量最高,高于SFA 24.77%。鲜饵料PUFA与二十碳五烯酸(EPA)+二十二碳六烯酸(DHA)的含量分别高出颗粒饲料6.71%、33.96%。3组最高与最低含量的脂肪酸相同,分别为棕榈酸(C16:0)、花生四烯酸(C18:4n6)。A、B两组条纹锯鲈幼鱼肌肉脂肪酸含量变化规律相同,由高到低为MUFA>SFA>PUFA,C组脂肪酸含量由高到低为MUFA>PUFA>SFA。C组条纹锯鲈幼鱼肌肉中PUFA含量最高,分别比A、B两组高5.94%、7.84%,其中EPA+DHA含量高出A、B两组13.26%、9.61%。

表4 饲料及三组条纹锯鲷肌肉中脂肪酸的组成及含量

Table 4 Contents and composition of fatty acids in diets and muscles of *C. striata* in three groups

脂肪酸 Fatty acids	颗粒饲料 Artificial pellets(%)	鲜饵料 Fresh diet(%)	A(%)	B(%)	C(%)
C14:0	4.64	4.54	4.58	4.59	4.42
C16:0	20.85*	18.68*	21.74*	22.16*	21.45*
C18:0	5.48	3.02	4.60	4.55	4.56
C16:1n9	6.5	9.50	7.08	7.58	7.17
C17:1	0.96 [#]	0.66	0.79	0.76	0.92
C18:1n9	13.73	10.30	19.14	19.12	17.88
C18:1n7	2.94	3.96	2.64	2.71	3.20
C22:1n9	2.10	4.17	1.94	1.82	1.81
C20:1n9	2.40	3.14	2.34	2.26	2.32
C18:2n6	6.28	1.82	7.38	6.50	6.64
C18:3n3	1.28	1.12	1.52	1.42	1.51
C18:4n3	1.47	3.01	1.44	1.46	1.67
C20:4n6	1.08	0.54 [#]	0.60 [#]	0.57 [#]	0.62 [#]
C22:5n3	1.52	0.73	1.49	1.42	1.52
EPA	7.73	13.32	7.07	7.26	8.06
DHA	11.32	12.20	9.44	9.80	10.64
ΣSFA	30.97	26.24	30.92	31.30	30.43
ΣMUFA	28.63	31.73	33.93	34.25	33.30
ΣPUFA	30.68	32.74	28.94	28.43	30.66

#代表各组含量最低的脂肪酸; *代表各组含量最高的脂肪酸

#. The lowest content of fatty acid in each group; *. the highest content of fatty acid in each group

2.5 三组实验鱼肌肉中矿物元素的含量比较

结果如表5显示,A、B、C三组,铜、铁、锌、镁、钠、钙矿物元素含量高低规律大致相同,只有C组磷、钾含量高低顺序与A、B不一致,钾低于磷的含量,A、B两组钾高于磷的含量。三组含量最低的矿物元素同为铜元素,A、B两组钾含量最高,C组磷含量最高,低于A、B两组。颗粒饲料中钙含量是鲜饵料的4.35倍,钙含量最高的实验组并不是仅投喂颗粒饲料的A组,而是混合投喂的B组,钙含量高于A组9.0%;仅投喂鲜饵料的C组钙含量最低,A组与B组钙含量分别高于C组41.56%、54.26%,差异非常明显。

表5 饲料及三组条纹锯鲷肌肉中矿物质常量和微量元素的含量比较

Table 5 Minerals and trace elements content in diets and muscles of *C. striata* in three groups

矿物元素 Minerals(mg/kg)	颗粒饲料 Artificial pellets	鲜饵料 Fresh diet	A	B	C
Cu*	24.41	0.68	0.20	0.21	0.18
Fe*	484.00	7.88	1.40	1.64	0.96
Zn*	138.00	19.10	3.26	3.62	3.32
Mg	1980.00	794.00	275.00	278.00	275.00
Na	5320.00	6050.00	498.00	501.00	484.00
Ca	23500.00	5400.00	780.00	850.00	551.00
P	17600.00	4000.00	2850.00	2800.00	2710.00
K	6550.00	902.00	4300.00	3440.00	2460.00
Ca/P	3.59	1.35	0.18	0.25	0.20

* 微量元素 Trace elements

3 讨论

3.1 不同饵料对条纹锯鲷生长性能的影响

不同种类的石斑鱼以及同一种石斑鱼在不同发育阶段,对于营养物质的需求量都不尽相同(阳会军等 2010)。鉴于颗粒饲料还未能完全代替生物饵料,研究探讨鱼类生长需要的营养成分含量与比例,显得尤为重要。

蛋白质是影响条纹锯鲷幼鱼生长的主要因素,颗粒饲料中蛋白质含量对增重率、特定生长率和饲料转化率影响极显著(林星 2011),当饵料所供给的蛋白质含量不足时,鱼类的健康生长和繁殖都会受到影响;反之,含量过高又会导致其没有完全用于生长,而是被当作能量消耗掉,引起资源的浪费(Samantaray *et al.* 1997),不能起到提高鱼类生产性能的作用,甚至还会导致负面效果(Page *et al.* 1973)。本研究所采用的颗粒饲料与鲜饵料蛋白质含量分别为45.4%、12.4%(表2),前者蛋白质含量是后者的3.66倍,研究结果与上述情况相似,投喂颗粒饲料的A组,生长效率与饲料系数优于其他两组,差异极为明显,同采用颗粒饲料饲养花鲈效果相同(肖雨等 1997),而在增重率与特定生长率方面,研究结果显示,投喂鲜饵料的C组,优于投喂颗粒饲料的A组与混合投喂的B组(表1)。

A组与B组相比较,后者在摄食率高于A组2.15倍的前提下,各生长指标与前者无明显差异,甚至是低于A组(表1),表明颗粒饲料与动物性饵料相比,前者对条纹锯鲷幼鱼的健康生长存在着一定的优越性,但要保证其拥有良好的适口性、嗜口性,提高幼鱼的摄食量,才能体现出颗粒饲料的整体优势。研究结果也显示,当饵料营养不足时,幼鱼可通过提高其摄食量,弥补所需求的营养物质。

营养价值较高的饵料,其蛋白质不仅需要必需氨基酸种类齐全,比例也应合理适宜,使得必需氨基酸能被完全吸收,体现其价值(江伟殉等 1992)。氨基酸(表3)、脂肪酸(表4)和矿物质元素(表5)都表明,饵料在满足各营养物质含量要求的同时,各营养物质之间恰当的比例也同等重要。

3.2 不同饵料对条纹锯鲷鱼体成分组成的影响

对比不同饵料对商品鳖营养成分的影响发现,各组肌肉组织中的氨基酸总量与组成差异显著(钱国英等 2002),而当饲料中蛋白质总量和鱼类10种必需氨基酸都满足的条件下,哲罗鲑氨基酸组成和含量变化不大(王常安等 2011)。本研究采用的颗粒饲料蛋白质含量与氨基酸总量近似为鲜饵料的4倍。结果显示,A组蛋白质含量大于其他两组,C组含量最低,差异不明显;3个实验组之间,肌肉中氨基酸含量与各营养成分比例,差异性比较突出(表3)。B组EAA含量最高,分别高出A、C两组16.6%、10.6%;HEAA含量从A组到C组,变化趋势为逐渐降低,A < B < C;A、B两组NEAA百分含量相同(6.15%),低于C组(6.66%)。

饵料油脂的脂肪酸组成模式对鱼体脂肪酸组成影响较大(Alasalvar *et al.* 2002),饲料脂质的脂肪酸组成模式,愈加接近鱼类在自然条件下所摄食饵料脂肪的脂肪酸组成模式,饲料效率越高,越能促进鱼类的生长效果(季文娟 1999)。实验A、B两组条纹锯鲷幼鱼肌肉脂肪酸含量变化规律相同,由高到低为单不饱和脂肪酸(MUFA) > 饱和脂肪酸(SFA) > 多不饱和脂肪酸(PUFA),C组石斑鱼肌肉中脂肪酸含量由高到低为(MUFA) > 多不饱和脂肪酸(PUFA) > 饱和脂肪酸(SFA)。

结合表2、表4可以看出,鲜饵料饱和脂肪酸含量低于颗粒饲料15.27%,B、C两组摄食率远远大于A组,在这两个前提下,A、B、C三组幼鱼饱和脂肪酸含量差异不大,表明饵料与鱼体之间的饱和脂肪酸成分关系不密切;颗粒饲料单不饱和脂肪酸低于鲜饵料9.77%,A、B两组单不饱和脂肪酸含量都大于C组,说明颗粒饲料中单不饱和脂肪酸含量与比例,更适合条纹锯鲷幼鱼的需求;颗粒饲料多不饱和脂肪酸比鲜饵料低6.29%,C组多不饱和脂肪酸分别大于A、B两组5.94%、7.84%,结果显示,饵料中多不饱和脂肪酸含量与组成对鱼体多不饱和脂肪酸的影响较明显。

结果显示,混合投喂的B组幼鱼所测营养元素指标,并不是在A组与C组之间,而是高于其他两组:氨基酸指标中EAA与TAA(表3),脂肪酸中SUFA与MUFA(表4),矿物元素中铜、铁、锌、镁、钠、钙(表5)。使用不同

饵料饲养点带石斑鱼(逯尚尉等 2010),结果也显示增重率、特定生长率和粗蛋白含量都大于配合饲料组,证明配合饲料和小杂鱼交替投喂是一种较好的投喂方式。推测上述情况原因:一方面,B组投喂鲜饵料后摄食量增加,提高了幼鱼的摄食率,颗粒饲料与饵料鱼营养元素相弥补,能获得较大的转化率,有利于幼鱼长时间的营养积累与生长;另一方面,鲜鱼容易被消化,条纹锯鲷幼鱼喜欢摄食鲜活面条鱼,促进了鱼体对营养元素的吸收。具体原因需进一步确定。

3.3 营养价值评价分析

蛋白质的营养价值,根据其含有人体所需各种氨基酸种类与含量是否充足,可以分为完全蛋白与不完全蛋白,前者营养价值高于后者(高露姣等 2009)。1973年,WHO/FAO根据在不同年龄组中,婴儿对必需氨基酸的需要量最高这一结论,提出了以婴儿需要量为最低限度的评分模式。鸡蛋蛋白质被认为是已知营养价值最为全面的蛋白质,因而也常被用于评定食品蛋白质的评分标准(杨兴丽等 2004)。根据FAO/WHO 1973年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行分析比较,通过AAS、CS和必需氨基酸指数EAAI,来评判其营养价值的等级。三组实验的肌肉氨基酸含量与全蛋蛋白、FAO/WHO模式的比较见表6。

三组氨基酸含量低于鸡蛋标准(B组的亮氨酸与异亮氨酸高于鸡蛋标准),只有B组比较接近,为46.81%,但均符合FAO/WHO提出的“必需氨基酸占氨基酸总量百分比为40%左右”和“必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为0.6以上”的要求(万松良等 2008)。通过AAS评价方法检测,三组必需氨基酸的第一、第二限制性氨基酸有所不同,A、C两组同为异亮氨酸与苯丙氨酸,B组分别为缬氨酸、苯丙氨酸。CS评价方法检测,A组第一、第二限制性氨基酸为苯丙氨酸、异亮氨酸,B组同AAS评价方法得出的结果相同,仍为缬氨酸、苯丙氨酸,C组为苯丙氨酸与蛋氨酸。三组必需氨基酸指数为54.93、66.40、61.02,B组的必需氨基酸指数最高,营养价值更丰富。

PUFA在较高等的动物中,对于发育和调节生理过程非常关键,与一些严重的生理和过程生理上的综合症有关,也影响一些疾病的状态(Nettleton 1995),尤其是EPA和DHA,二者具有很强的生理活性,能促进血液循环,改善血清脂肪质量,促进脑细胞的形成、生长、发育,增强记忆力等(杭晓敏等 2001),是人类和动物生长发育所必需的物质(陆彤霞等 2005)。有关研究已经证实,条纹锯鲷含有丰富的EPA与DHA,具有较高的食用价值与保健作用(林星 2009)。3个实验组的DHA与EPA含量均比较高,从A-C组,二者都呈递增趋势,其中B组EPA+DHA总量高出A组3.33%,C组比A、B两组分别高13.26%、9.61%。3组幼鱼肌肉中EPA平均含量为7.46%,高于赤点石斑鱼(4.1%)、青石斑鱼(4.3%)、点带石斑鱼(3.7%)(林建斌等 2010)。

表6 三组条纹锯鲷肌肉中必需氨基酸与全蛋蛋白、FAO/WHO标准模式的比较

Table 6 Comparison of essential amino acids composition in muscles of three groups of *C. striata*, egg white and FAO/WHO standard model

必需氨基酸 Essential amino acids	FAO评分模式 FAO scoring pattern	鸡蛋蛋白 Egg protein mode	分组 Group(mgN/g)			AAS			CS		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
			苏氨酸 Thr	250	292	190.89	212.50	197.70	0.76	0.85	0.79
缬氨酸 Val	310	411	190.89	153.13	264.67	0.62	0.49 [#]	0.85	0.46	0.37 [#]	0.64
蛋氨酸 Met	220	386	187.81	237.50	172.19	0.85	1.08	0.78	0.49	0.62	0.45 [*]
异亮氨酸 Ile	250	331	141.63	337.50	184.90	0.57 [#]	1.35	0.74 [*]	0.43 [*]	1.02	0.56
亮氨酸 Leu	440	534	400.25	550.00	516.58	0.91	1.25	1.17	0.75	1.03	0.97
苯丙氨酸 Phe	380	565	215.52	237.50	223.21	0.57 [*]	0.63 [*]	0.59 [#]	0.38 [#]	0.42 [*]	0.40 [#]
赖氨酸 Lys	340	441	369.49	337.50	325.26	1.09	0.99	0.96	0.84	0.77	0.74
总量 Total	2190	2960	1696.48	2065.63	1884.51						
EAA/TAA(%)	35.38	48.08	42.13	46.81	42.73						

[#]代表第一限制性氨基酸,*代表第二限制性氨基酸,EAA为必需氨基酸,TAA总氨基酸

[#]represents the first limiting amino acid,* represents the second limiting amino acid, EAA. essential amino acids, TAA. total amino acid

参 考 文 献

- 万松良,黄永涛,刘敏,陈霞,刘能玉. 2008. 瓦氏黄颡鱼的含肉率及营养成分分析. 水利渔业, 28(3):59-61
- 王波,朱明远,毛兴华. 2003. 养殖新品种——美洲黑石斑. 河北渔业, 5:26-27
- 王常安,徐奇友,包玉龙,许红,尹家胜. 2011. 不同饲料对哲罗鲑生长性能和营养成分的影响. 水产养殖, 32(1):5-9
- 阳会军,田丽霞,黄俊娃,刘永坚. 2010. 石斑鱼的营养需求及饲料营养参数. 广东饲料, 19(4):29-34
- 江伟殉,刘毅. 1992. 营养与食品化学. 北京:北京医科大学和中国协和医科大学联合出版社,4-14
- 邴旭文,张宪中. 2006. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价. 中国海洋大学学报,36(1):107-111
- 季文娟. 1999. 饲料中不同脂肪源对黑鲟幼鱼生长和鱼体脂肪酸组成的影响. 海洋水产研究,20(1):69-74
- 肖雨,刘红. 1997. 不同饲料对花鲈饲养效果的比较研究. 水产科技情报,24(4):180-183
- 邱金海,林星. 2009. 美洲黑石斑鱼营养成分分析与营养价值评价. 水生态学杂志,2(6):107-112
- 林星. 2011. 条纹锯鲷幼鱼配合饲料适宜的蛋白质脂类含量及能蛋比. 福建农林大学学报, 40(4):401-406
- 杭晓敏,唐涌濂,柳向龙. 2001. 多不饱和脂肪酸的研究进展. 生物工程进展,21(4):18-21
- 陆彤霞,王华飞. 2005. 绿色食品基础培训教程—水产业. 北京:化学工业出版社:235-300
- 林建斌,陈度煌,朱庆国,梁萍,秦志清. 2010. 3种石斑鱼肌肉营养成分比较初探. 福建农业学报,25(5):548-553
- 杨兴丽,周晓林,穆庆华,申秀英,杨慧,姬广闻,李光明,高艳云. 2004. 暗纹东方鲀含肉率及肌肉营养成分分析. 水利渔业, 24(3):27-28
- 钱国英,朱秋华. 2002. 饲料种类对中华鳖营养成分的影响. 水产学报,26(2):133-138
- 党冉,竺俊全,邱新志. 2010. 美洲黑石斑鱼含肉率及肌肉营养成分分析. 海洋学研究, 28(2):60-66
- 高露姣,楼宝,毛国民,史会来,骆季安. 2009. 不同饵料饲养的褐牙鲆肌肉营养成分的比较. 海洋渔业, 41(3):293-299
- 贾瑞锦,王鲁,赵从明,公光业,孙曙光,于宏,王彦怀,孙涛,王贺,陈超. 2012. 条纹锯鲷胚胎发育及卵黄囊仔鱼形态变化的观察. 渔业科学进展,33(3):11-17
- 逮尚尉,刘兆普,余燕. 2010. 不同饵料对点带石斑鱼幼鱼生长、营养成分及组织消化酶活性的影响. 上海海洋大学学报,19(5):648-653
- 褚衍伟. 2004. 美洲黑石斑鱼的育苗与养成技术. 齐鲁渔业,21(1):12
- 雷霖霖,卢继武. 2007. 美洲黑石斑鱼的品种优势和养殖前景. 海洋水产研究,28(5):110-115
- 潘英,王如才,罗永巨,黄凯. 2001. 海水和淡水养殖南美白对虾肌肉营养成分的分析比较. 青岛海洋大学学报,31(6):828-834
- Able KW, Fahay MP, Shepherd G. 1995. Early life history of black sea bass, *Centropristis striata*, in the mid-Atlantic bight and a new jersey estuary. Fish Bull 93(1-4):429-445
- Alasalvar C, Taylor KDA, Zubcov E and 2 others. 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipids content, fatty acid and trace mineral composition. Food Chem 79(2):145-150
- Nettleton JA. 1995. Omega-3 fatty acids and health. Chapman & Hall. Joyce A. Nettleton 359
- Page JW, Andrews JW. 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Nutrition 103:1339-1346
- Samantaray K, Mohanty SS. 1997. Interaction of dietary levels of protein and energy on fingerling snakehead, *Channa striata*. Aquaculture 156(3-4):241-249