

文章编号: 1674-5566(2009)03-0308-06

点篮子鱼肌肉的营养成分分析与评价

赵峰¹, 章龙珍¹, 宋超^{1,2}, 庄平^{1,2}, 刘鉴毅¹, 张涛¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

2. 上海高校水产养殖学 E-研究院, 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要:利用常规肌肉营养测试方法测定分析了 10 尾野生点篮子鱼 (*Siganus guttatus*) 的一般生化成分与氨基酸含量。结果表明, 点篮子鱼肌肉 (鲜样) 中水分、粗灰分、粗蛋白和粗脂肪的质量分数分别为 74.27%、1.60%、21.20% 和 2.79%。点篮子鱼肌肉中检测出 18 种氨基酸 (包括牛磺酸, 胱氨酸未检测), 总量为 74.57% (质量分数, 干样), 必需氨基酸总量为 31.72%, 占氨基酸总量的 42.54%, 点篮子鱼必需氨基酸的构成比例符合联合国粮农组织/世界卫生组织 (FAO/WHO) 的标准。点篮子鱼的限制性氨基酸为色氨酸和 (蛋氨酸+胱氨酸), 其必需氨基酸指数 (I_{EAA}) 为 69.77。点篮子鱼肌肉中 4 种鲜味氨基酸 (DAA) 总量为 25.41% (质量分数, 干样), 占总氨基酸含量的 34.01%。对点篮子鱼肌肉 10 种必需氨基酸的 A/E 值进行了计算与分析, 从 A/E 值的大小次序来看, 点篮子鱼与银大麻哈鱼基本类似, 比值最高的前三位必需氨基酸依次为赖氨酸、亮氨酸和精氨酸, 最小的为色氨酸。A/E 值为点篮子鱼必需氨基酸需求研究和配合饲料的开发提供了基础素材。

关键词:点篮子鱼; 肌肉; 生化成分; 氨基酸; 营养评价; A/E 值

中图分类号: S 917 **文献标识码:** A

Analysis and evaluation of the nutritional components of *Siganus guttatus* muscle

ZHAO Feng¹, ZHANG Long-zhen¹, SONG Chao^{1,2}, ZHUANG Ping^{1,2}, LIU Jian-yi¹, ZHANG Tao¹

(1. Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. Aquaculture Division, E-institute of Shanghai Universities, College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Biochemical components and amino acids composition in the muscle of *Siganus guttatus* were tested and analyzed with routine methods. Samples of 10 wild individuals with (20.04 ± 0.53) cm body length and (305.86 ± 34.00) g body weight were collected from the South China Sea near Sanya City of Hainan Province in September of 2007. The results showed that contents of moisture, crude ash, crude protein and crude fat of fresh muscles were 74.27%, 1.60%, 21.20% and 2.79%, respectively. The composition of amino acids of muscle was 18 common amino acids including Tau and 8 essential amino acids for human

收稿日期: 2008-08-26

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划 (2006BAD03B08-08); 国家“八六三”高技术研究发展计划 (2008AA10Z227); 上海市教委 E-研究院建设项目 (E03009)

作者简介: 赵峰 (1978-), 男, 山东德州人, 助理研究员, 主要从事鱼类生态生理及繁育生物学研究。E-mail: jorfingshui@hotmail.com

通讯作者: 章龙珍, E-mail: longzhen2885@hotmail.com

needs (no analysis was made for Cys). In dry sample the total content of amino acids was 74.57%; the content of essential amino acids was 31.72%; the percentage of essential amino acids in total amino acids was 42.54%. It was apparent that the content of the different amino acids was stable and the constitutional rate of the essential amino acids accorded with the FAO/WHO Standard fundamentally. According to nutrition evaluation in amino acids score (S_{AA}) and chemical score (S_C), the first limited amino acid was Trp and the second limited amino acids was Phe + Tyr; the essential amino acids index (I_{EAA}) was 69.77; in dry sample the content of four kinds delicious amino acids was 25.41%, and the percentage of delicious amino acids in total amino acids were 34.01%. We calculated the A/E ratios of 10 essential amino acids for *S. guttatus*. Based on the descent order of A/E ratios the first three essential amino acids were Glu, Leu and Arg. The value of A/E ratio for Trp was the smallest in 10 essential amino acids. This descent order was also found in chum salmon. A/E ratios of *S. guttatus* provided basic materials for research of essential amino acids requirement and artificial food development.

Key words: *Siganus guttatus* muscle's biochemical components; amino acids; nutritive evaluation; A/E ratio

近年来,随着市场对篮子鱼需求量的增加及我国水产养殖业的结构调整,篮子鱼作为养殖新对象引起了普遍关注,养殖方式也由原来单纯利用其喜食附着藻类而作为网箱清洁鱼类少量混养发展为陆地海水池塘虾、蟹混养及海水网箱养殖等方式,相关养殖技术与人工繁殖研究也逐步开展起来^[1-2]。点篮子鱼(*Siganus guttatus* Bloch, 1787)为篮子鱼属(*Siganus*)中的一种,主要产于热带、亚热带的印度—太平洋地区及我国南海海域,是一种杂食、广盐、暖水性鱼类,从珊瑚礁到河口水域均有分布^[3],在我国广东湛江、珠江入海口沿岸,已被引入淡水池塘养殖。对点篮子鱼繁殖发育方面国外已有相关的研究报告^[4-6],然而对点篮子鱼肌肉氨基酸组成及其营养价值等方面还未见相关报道。氨基酸的组成与含量对鱼类的生长发育起着至关重要的作用,也是其营养价值的主要决定因素,氨基酸组成模式的研究在鱼类营养学和人工配合饲料配方设计上有着重要的意义^[7]。本文对点篮子鱼肌肉的一般生化成份、氨基酸组成进行了测定,分析了肌肉生化组成及氨基酸含量上的特点,并对其营养品质和 A/E 值进行了分析与评价,旨在充实鱼类营养学,为该鱼的开发及其配合饲料的研制提供理论依据和基础素材。

1 材料与方 法

1.1 材 料

点篮子鱼于 2007 年 9 月从海南省三亚市邻近海域采集,挑选 10 尾用于测试分析。所选取样本外观检查鱼体健壮、无病害,平均体重为 (305.86 ± 34.00) g 平均体长为 (20.04 ± 0.53) cm。

1.2 样品处理与分析

材料获得后立即对其进行初步处理,包括测量其体长、体重,取背部肌肉样品并精确称重,然后放入 0℃ 保温盒中带回实验室分析。实验所用样品为冷鲜样,首先把肌肉样品捣碎,混匀;然后分为 2 份,一份做生化成分测定,另一份做氨基酸测定。

按 GB 5009-85 的方法分别测定水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分;按 GB/T 14965-1994 的方法使用 Biochrom 30 型氨基酸自动分析仪测定除色氨酸外的氨基酸,色氨酸使用荧光分光光度法测定。

1.3 营养品质评价方法

根据 FAO/WHO(粮食与农业组织,世界卫生组织)1973 年建议的氨基酸评分标准模式(%,干样)^[8]和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(%,干样)^[9]分别按以下公式计算氨基酸评分(S_{AA})、化学评分(S_C)和必需氨基酸指数(I_{EAA})。

$$S_{AA} = \frac{aa}{AA_{(FAO/WHO)}} \times 100; S_C = \frac{aa}{AA_{(Egg)}} \times 100;$$

$$I_{AA} = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100H}{HE}}$$

式中: aa为试验样品氨基酸含量(%), $AA_{(FAO/WHO)}$ 为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量(%), $AA_{(egg)}$ 为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%), n为比较的必需氨基酸个数, A, B, C, ..., H为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(%), AE, BE, CE, ..., HE为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(%), 干样)。

1.4 A/E值的计算

单个必需氨基酸含量与必需氨基酸总量(A/E)比值按如下公式计算公式^[10]

$$A/E = \frac{I_{AA}}{T_{EAA}} \times 100;$$

式中: I_{AA} 为试验样品中单个必需氨基酸含量, T_{EAA} 为试验样品中鱼体必需氨基酸总量。

1.5 数据处理

实验数据通过 STATISTICA (Version 6.0) 统计软件 (StatSoft Inc) 进行处理分析, 描述性统计值使用平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。

2 结果与分析

2.1 生化成分与含量

表1显示, 点篮子鱼肌肉一般生化成分与同属的长鳍篮子鱼 (*Siganus canaliculatus*) 相比, 水分含量类似, 蛋白含量相对较高, 而粗灰分与粗脂肪均较低。与淡水杂食性的吉富罗非鱼和中华倒刺鲃 (*Spinibarbus hollandi*) 相比, 其水分较低, 而粗蛋白和粗脂肪的含量较高, 粗灰分含量与中华倒刺鲃类似。与淡水肉食性的鳊 (*Siniperca chuatsi*) 相比, 粗蛋白和粗脂肪的含量均较高; 与海水肉食性的大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 和大菱鲂 (*Scophthalmus maximus*) 相比, 水分含量较低, 粗蛋白和粗灰分较高, 而粗脂肪含量相当。

表1 点篮子鱼与其它几种经济鱼类肌肉生化成分的比较

Tab. 1 Composition of biochemical components (% , wet weight) in the muscle of *Siganus guttatus* and some other economic fishes

种类	水分	粗灰分	粗蛋白	粗脂肪
点篮子鱼	74.27 ± 0.68	1.60 ± 0.05	21.20 ± 0.40	2.79 ± 0.15
黄斑篮子鱼* ^[11]	74.52 ± 0.19	1.09 ± 0.05	19.64 ± 0.03	4.71 ± 0.01
吉富罗非鱼 ^[12]	79.05 ± 0.41	1.12 ± 0.01	17.03 ± 0.34	2.27 ± 0.10
中华倒刺鲃 ^[13]	77.00	1.62	19.22	1.96
鳊 ^[14]	79.03	2.67	16.75	1.50
大黄鱼 ^[15]	79.10	1.13	16.55	2.37
大菱鲂 ^[10]	78.49	1.02	16.91	3.39

注: * 黄斑篮子鱼为长鳍篮子鱼的同物异名

2.2 氨基酸组成分析

表2列出了点篮子鱼肌肉中检出的包括色氨酸和牛磺酸在内的18种氨基酸(样品处理过程中胱氨酸被全部氧化, 未检测)。其中, 包含人体所需的必需氨基酸8种, 半必需氨基酸2种。点篮子鱼肌肉中氨基酸总量为74.57%(干重)、必需氨基酸为31.72%(干重), 必需氨基酸占总氨基酸的42.54%, 占非必需氨基酸的90.45%。点篮子鱼的必需氨基酸指数(I_{AA})为69.77。从氨基酸组成上看, 谷氨酸含量最高, 赖氨酸、天冬氨酸、亮氨酸含量也较为丰富, 色氨酸含量最低。

表 2 点篮子鱼肌肉中氨基酸的组成

Tab. 2 Amino acids composition and content in the muscle of *S. guttatus*% Mean \pm SD, n=10

氨基酸	占干样的百分比	氨基酸	占干样的百分比
牛磺酸 Tau	1.00 \pm 0.08	异亮氨酸 Ile	4.13 \pm 0.00
丝氨酸 Ser	3.15 \pm 0.01	亮氨酸 Leu	6.10 \pm 0.24
酪氨酸 Tyr	3.52 \pm 0.08	赖氨酸 Lys	6.90 \pm 0.17
脯氨酸 Pro	1.98 \pm 0.08	苏氨酸 Thr	3.95 \pm 0.25
天冬氨酸 Asp	6.45 \pm 0.17	缬氨酸 Val	4.48 \pm 0.14
谷氨酸 Gln	10.22 \pm 0.15	色氨酸 Trp	0.23 \pm 0.04
甘氨酸 Gly	3.97 \pm 0.17	氨基酸总量 TAA	74.57 \pm 0.00
丙氨酸 Ala	4.77 \pm 0.04	必需氨基酸总量 TEAA	31.72 \pm 0.05
组氨酸 His	2.11 \pm 0.35	半必需氨基酸总量 THEAA	7.77 \pm 0.45
精氨酸 Arg	5.66 \pm 0.10	TEAA/TAA	42.54
蛋氨酸 Met	2.41 \pm 0.12	TEAA/THEAA	90.45
苯丙氨酸 Phe	3.53 \pm 0.12	LEAA*	69.77

注: * 全鸡蛋白作参考

2.3 营养品质评价

从表 3 可知,除色氨酸外,点篮子鱼肌肉的必需氨基酸评分 (S_{AA}) 均接近或大于 100, 化学评分 (S_c) 中除色氨酸和(蛋氨酸+胱氨酸)外,其它均超过了 80。根据表 3 中的 S_{AA} 和 S_c , 点篮子鱼第一限制性氨基酸为色氨酸, 第二限制性氨基酸为(蛋氨酸+胱氨酸)。由此可见, 点篮子鱼的限制性氨基酸主要是色氨酸和(蛋氨酸+胱氨酸)。

点篮子鱼肌肉中鲜味氨基酸含量占总氨基酸含量的 34.01% (表 4), 高于中华倒刺鲃, 而低于其它经济鱼类。点篮子鱼肌肉谷氨酸含量高于中华倒刺鲃和大菱鲆。

表 3 点篮子鱼肌肉的氨基酸评分和化学评分

Tab. 3 S_{AA} and S_c of the muscle of *S. guttatus*

mg/g On N basis

必需氨基酸	点篮子鱼	FAO 评分模式	鸡蛋蛋白	氨基酸评分	化学评分
异亮氨酸 Ile	307.81	250	331	123.12	92.99
亮氨酸 Leu	454.13	440	534	103.20	85.04
赖氨酸 Lys	514.13	340	441	151.22	116.58
苏氨酸 Thr	294.13	250	292	117.65	100.73
缬氨酸 Val	333.63	310	410	107.62	81.37
色氨酸 Trp	17.00	60	99	28.37	17.20
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys*	179.38	220	386	81.53	46.47
苯丙+酪氨酸 Phe+Tyr	525.56	380	565	138.30	93.02

注: * 仅为蛋氨酸

表 4 点篮子鱼肌肉中鲜味氨基酸的组成与其他经济鱼类的比较

Tab. 4 Comparison of delicious amino acids contents in muscle of *S. guttatus* and some other fishes

%, 干重

鲜味氨基酸	点篮子鱼	黄斑篮子鱼 ^[11]	中华倒刺鲃 ^[13]	吉富罗非鱼 ^[12]	鳊 ^[14]	野生大黄鱼 ^[15]	大菱鲆 ^[10]
Asp	6.45 \pm 0.17	6.57 \pm 0.05	6.39	7.68	8.20	7.90	6.96
Gln	10.22 \pm 0.15	9.59 \pm 0.57	9.39	12.32	13.51	11.26	9.94
Gly	3.97 \pm 0.17	3.43 \pm 0.16	3.87	4.34	4.22	3.54	6.82
Ala	4.77 \pm 0.04	4.78 \pm 0.08	4.57	5.01	5.31	4.87	6.05
DAA	25.41 \pm 0.45	24.36 \pm 0.68	24.22	29.35	31.24	27.57	29.77
DAA/TAA	34.01	35.66	32.90	36.78	39.85	38.66	40.04

注: DAA-呈味氨基酸, TAA-氨基酸总量

2.4 A/E 值

从 A/E 值的大小次序来看, 点篮子鱼与银大麻哈鱼基本类似, 比值最高的前三位必需氨基酸依次

为赖氨酸、亮氨酸和精氨酸,最小的为色氨酸;而与大鳞大麻哈鱼 A/E 值的大小次序略有差异。从 A/E 值的大小来看,点篮子鱼肌肉的组氨酸 A/E 值与大鳞大麻哈鱼相似,而苯丙氨酸与银大麻哈鱼相似。

表 5 点篮子鱼的 A/E 值
Tab 5 The A/E ratio for *S. guttatus* % Mean \pm SD, n=10

必需氨基酸	A/E 比值		
	点篮子鱼	银大麻哈鱼 ^[16]	大鳞大麻哈鱼 ^[17]
异亮氨酸 Ile	96.05 \pm 1.05	78	66
亮氨酸 Leu	141.73 \pm 7.09	157	117
赖氨酸 Lys	160.46 \pm 5.62	180	150
苏氨酸 Thr	91.75 \pm 4.70	107	66
缬氨酸 Val	104.09 \pm 2.21	101	96
色氨酸 Trp	5.32 \pm 1.00	29	—
组氨酸 His	49.05 \pm 7.51	61	54
精氨酸 Arg	131.61 \pm 0.90	134	180
蛋氨酸 Met	55.95 \pm 2.07	74	120
苯丙氨酸 Phe	82.07 \pm 3.58	85	153

3 讨论

3.1 点篮子鱼的肌肉品质及其开发价值

肌肉营养成分是衡量养殖产品肌肉品质的重要指标。从检测的肌肉生化指标及其与淡水杂食性、肉食性鱼类和海水肉食性鱼类的比较来看,点篮子鱼肌肉粗蛋白与粗脂肪含量相对较高,水分和粗灰分含量相对较低。从点篮子鱼肌肉所含的氨基酸组成来看,谷氨酸和赖氨酸含量丰富。谷氨酸是脑组织生化代谢中的重要氨基酸,参与多种生理功能性物质的合成^[18]。赖氨酸是人乳中第一限制性氨基酸,同时赖氨酸对于以谷物为主的膳食者来说,它可以弥补谷物食品中赖氨酸的不足,从而提高人体对蛋白质的利用率^[19]。点篮子鱼肌肉的精氨酸含量也相对较丰富,精氨酸是人体条件性必需氨基酸,对人体有很多生化和治疗作用,它不仅是许多幼年哺乳动物生长所必需的氨基酸,还可以促进伤口的愈合^[20]。点篮子鱼肌肉中也具有一定含量的牛磺酸,牛磺酸对视力和幼儿大脑发育非常重要,并能降低血压和血脂,抑制胆结石,增强免疫力,抗心律失常等^[21]。动物蛋白质的鲜美在一定程度上取决于其鲜味氨基酸的含量,鲜味氨基酸中的谷氨酸、天冬氨酸为呈鲜味的特征性氨基酸^[22],其中谷氨酸的鲜味最强。从检测的结果来看,点篮子鱼谷氨酸含量高于中华倒刺鲃和大菱鲆,略低于野生大黄鱼,这说明点篮子鱼是口味鲜美的鱼类。

食物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、数量和组成比例。点篮子鱼肌肉中必需氨基酸占总氨基酸的 42.54%,占非必需氨基酸的 90.45%,符合 FAO/WHO 理想模式中质量较好蛋白质的指标要求^[23]。从必需氨基酸的氨基酸评分和化学评分来看,除色氨酸和(蛋氨酸+胱氨酸)外,其它必需氨基酸的氨基酸评分均超过 100,化学评分均超过 50,这表明点篮子鱼必需氨基酸组成相对比较平衡,且含量十分丰富。总体来看,点篮子鱼是一种营养价值较好的优质鱼类。

点篮子鱼与长鳍篮子鱼^[11]均为植食性为主的杂食性鱼类,喜食藻类,与目前海水养殖的肉食性鱼类相比,其饲料易得,可减少对野生渔业资源的破坏,降低对养殖环境的污染,作为优良的养殖新种类发展潜力巨大。

3.2 A/E 值为点篮子鱼配合饲料的研制提供了基础数据

动物生长速度的快慢取决于其饲料中适宜的蛋白比例,即饲料中是否提供了动物生长所需的必需氨基酸。常规鱼类必需氨基酸需求量的实验研究往往需要进行一系列大量的单独实验来确定某一种必需氨基酸的需求量,既浪费时间,又增加了研究成本,而利用 A/E 值指导下的鱼类配合饲料可有效促进

鱼类生长^[24-26]。对于新养殖鱼类,利用肌肉必需氨基酸 A/E值来估算该鱼的氨基酸需求,可以较快地形成营养全面的配合饲料,而避免低估必需氨基酸需求或饲料中加入过多的蛋白,由此可以降低新养殖品种的养殖成本^[27]。

参考文献:

- [1] 张邦杰,梁仁杰,毛大宁,等. 黄斑篮子鱼的池塘驯养及有关生物学初探[J]. 现代渔业信息, 1999, 14(4): 11-16.
- [2] 赵 峰,庄 平,章龙珍,等. 篮子鱼繁殖生物学研究进展[J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 365-370.
- [3] 马 强,刘 静. 中国沿海常见篮子鱼形态比较研究[J]. 海洋科学, 2006, 30(9): 16-22.
- [4] Juario J V, Duray M N, Duray V M, et al. Breeding and larval rearing of the rabbitfish *Signanus guttatus* (Bloch) [J]. *Aquaculture* 1985, 44: 91-102.
- [5] Hara S, Kohno H, Taki Y. Spawning behavior and early life history of the rabbitfish *Signanus guttatus* in the laboratory [J]. *Aquaculture* 1986, 59: 273-285.
- [6] Rahman M S, Takenura A, Takano K. Lunar synchronization of in vitro steroidogenesis in ovaries of the golden rabbitfish *Signanus guttatus* (Bloch) [J]. *General and Comparative Endocrinology* 2002, 125: 1-8.
- [7] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:中国农业出版社, 1996: 8-26.
- [8] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [9] 桥本芳郎. 养鱼饲料学[M]. 蔡完其,译. 北京:中国农业出版社, 1980: 114-115.
- [10] 王远红,吕志华,郑桂香,等. 大菱鲆的营养成分分析[J]. 营养学报, 2003, 25(4): 438-440.
- [11] 庄 平,宋 超,章龙珍,等. 黄斑篮子鱼肌肉营养成分与品质评价[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 77-83.
- [12] 郝淑贤,李来好,杨贤庆,等. 5种罗非鱼营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2007, 29(6): 614-615, 618.
- [13] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国水产科学, 2005, 12(2): 211-215.
- [14] 梁银铨,崔希群,刘友亮. 鳊肌肉生化成分分析和营养品质评价[J]. 水生生物学报, 1998, 22(4): 386-388.
- [15] 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.
- [16] Arai S. A purified test diet for coho salmon *Oncorhynchus kisutch* fry [J]. *Bull Jan Soc Sci Fish* 1981, 47: 547-550.
- [17] National Research Council. Nutrient requirements of fishes[M]. Washington: The National Academies Press, 1993: 114.
- [18] 张昌颖,李 亮,李昌甫,等. 生物化学[M]. 2版. 北京:人民卫生出版社, 1988: 305, 561.
- [19] 严安生,熊传喜,钱健旺,等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80-84.
- [20] Seifter E. Amino acid function in treatment [J]. *Surgery* 1978, 84: 224-227.
- [21] 谢宗墉,刘竹伞. 水产品的食疗与健康[M]. 北京:中国农业出版社, 1995: 1-277.
- [22] 郡司笃孝,刘纯洁,张娟婷. 食品添加剂手册[M]. 北京:中国展望出版社, 1998: 157-160.
- [23] 李正忠. 花粉、灵芝与珍珠中必需氨基酸的定量测定与分析比较[J]. 氨基酸和生物资源, 1988, 10(4): 41-43.
- [24] Wilson J W, Poe W E. Relationship of whole body and egg essential amino acid patterns to amino acid requirement patterns in channel catfish *Ictalurus punctatus* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology* 1985, 80B: 385-388.
- [25] Borlongan I G, Coloso R M. Requirements of juvenile milk fish (*Chanos chanos* Forsskal) for essential amino acids [J]. *J Nutr* 1993, 123: 125-132.
- [26] Ng W K, Hung S S O. Estimating the ideal dietary essential amino acid pattern for growth of white sturgeon *Acipenser transmontanus* (Richardson) [J]. *Aquaculture Nutrition* 1995, 1: 85-94.
- [27] Small B C, Soares J H. Estimating the quantitative essential amino acid requirements of striped bass *Morone saxatilis* using fillet A/E ratios [J]. *Aquaculture Nutrition* 1998, 4: 225-232.