

条石鲷肌肉营养成分分析及评价

胡玲玲^{1,2}, 李加儿¹, 区又君¹, 蔡文超¹

(1 中国水产科学研究院南海水产研究所, 水产种质资源与养殖技术重点开放实验室, 广东 广州 510300; 2 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘要:条石鲷肌肉营养成分分析的结果表明:水分、粗灰分、粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物的质量分数分别为78.08%、16.86%、3.02%、0.55%和1.49%。能值和比能值分别为5.43和32.24 kJ/g。肌肉中含有19种氨基酸,即常规氨基酸18种(占干样77.26%),牛磺酸(Tau)1种,总量占干样77.88%,其中8种人体必需氨基酸(EAA),总量占干样32.11%,占氨基酸总量的41.56%;4种鲜味氨基酸(DAA),总量占干样30.19%,占18种氨基酸总量的39.08%。其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。条石鲷的限制性氨基酸主要为色氨酸(Trp),其次是蛋氨酸和胱氨酸(Met和Cys)、苏氨酸(Thr),必需氨基酸指数(EAAI)为64.43,支/芳值达2.57,接近人体正常需要值。脂肪酸中EPA和DHA质量分数分别为1.76%和15.1%,含量较高。矿物质含量丰富,尤其锌(Zn)和硒(Se)的含量较高。

关键词:条石鲷; 肌肉; 营养成分; 分析评价

中图分类号:Q501

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2010)03-0071-05

Analysis of Nutrient Components and Evaluation of Nutritive Quality in the Muscle of *Oplegnathus fasciatus*

HU Ling-ling^{1,2}, LI Jia-er¹, OU You-jun¹, CAI Wen-chao¹

(1 Key Laboratory of Fisheries Genetic Resources and Aquaculture, South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Guangzhou 510300; China;

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

Abstract: Nutrient components in the muscle of *Oplegnathus fasciatus* were investigated in this study. The results showed that the content of moisture, crude ash, crude protein and crude fat in fresh muscle of *O. fasciatus* were 78.08%, 16.86%, 3.02%, 0.55% and 1.49%, respectively. The content of energy was 5.43 kJ/g, and E/P was 32.24 kJ/g. Nineteen amino acids were found in the muscle of *O. fasciatus*, including eighteen common amino acids (eight essential amino acids, two half-essential amino acids and eight nonessential amino acids) and Taurine. In dry sample, the total content of amino acids was 77.88%; The total content of eighteen common amino acids (TAA) was 77.26%, the content of essential amino acids (EAA), half-essential amino acids (HEAA) and nonessential amino acids (NEAA) were 32.11%, 6.82% and 38.33% (to total common amino acids), respectively. Four kinds of delicious amino acids accounted for 30.19% in dry sample; the ratio of total delicious amino acids to total amino acids [$w(\text{DAA})/w(\text{TAA})$] was 39.08%. The essential amino acids index (EAAI) was 64.43, the content of the different amino acids was stable and the constitutional rate of the essential amino acids met the FAO/WHO Standard. The first limited amino acids was Trp and the second limited amino acids were Met + Cys and Thr. Essential amino acids gram to total nitrogen gram (E/TN) was 2.57, by nutrition evaluation for the amino acids in muscle to human needs. The contents of EPA and DHA in fatty acids were 1.76% and 15.10%, respectively. The composition of mineral elements in the muscle of *O. fasciatus* were rich, in terms of Zn ($58.9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) and Se ($3.96 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) especially.

Key words: *Oplegnathus fasciatus*; muscle; nutrient composition; analysis and evaluation

收稿日期:2009-07-17

作者简介:胡玲玲(1982—),女,硕士研究生;通信作者:李加儿(1954—),男,研究员,E-mail:lje001@126.com

基金项目:中国水产科学研究院水产种质资源与养殖技术重点开放实验室开放基金(2007A014)

条石鲷 *Oplegnathus fasciatus* 俗称日本鹦鵒鱼, 隶属于鲈形目 Perciformes、石鲷科 Oplegnathidae、石鲷属, 属近海暖温、喜岩礁性鱼类, 分布于中国、日本等, 我国产于黄海、东海、台湾海峡等海域^[1], 是一种具有较高食用价值和观赏价值的重要海产鱼类, 具有良好的养殖前景, 并可开发为海钓鱼类. 本文对条石鲷肌肉营养成分及品质进行了分析, 为条石鲷的基础研究提供营养学的资料, 并作为条石鲷养殖和配合饲料研制的参考依据.

1 材料与方法

1.1 材料

试验鱼为 2 龄条石鲷, 于 2008 年 5 月采自广东省饶平县南海水产研究所海水鱼类试验基地, 共 5 尾, 兼有雌雄鱼, 健康无病, 活动正常, 体质量 406-800 g, 体长 218 ~ 223 mm.

1.2 方法

1.2.1 样品制备 首先进行全鱼取样, 即在鱼体背部两侧(背鳍前下方)、腹部两侧(臀鳍前上方)和尾部两侧(尾鳍前方)采集肌肉, 剔除骨刺, 把肌肉样品捣碎, 混匀, 烘干, 冷却, 放于冰箱中冷藏备用.

1.2.2 常规营养成分的测定 水分含量的测定采用常压恒温干燥法; 粗蛋白测定采用凯氏定氮法; 粗脂肪测定采用索氏抽提法; 灰分的测定采用马福炉 550 ℃ 高温灼烧法; 无氮浸出物测定采用减量法即 100 - (水分含量 + 粗蛋白含量 + 脂肪含量 + 灰分).

1.2.3 氨基酸测定 肌肉样品用酸或碱水解, 使蛋白质变为氨基酸后, 用日立 835-50 型高速氨基酸分析仪测定.

1.2.4 脂肪酸测定 肌肉样品用 H₂SO₄/CH₃OH 甲

酯化处理后, 用 Finnigan TRACE GC-MS 质谱联用仪测定.

1.2.5 常量及微量元素测定 肌肉样品用硝酸和高氯酸消解后, 用感耦等离子原子发射光谱法测定.

1.3 肌肉价值评定方法

按 Brett 法^[2]以蛋白质能值 23.64 kJ/g, 脂质能值 39.54 kJ/g 和糖类能值 17.15 kJ/g 计算鱼的能值(蛋白质、脂质及糖类的含量与各自单位能量的乘积之和同鱼肉质量之比值)及 E/P(能值与蛋白质含量的比值); 根据 FAO/WHO(1973) 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(% , dry) 进行营养价值评定, 计算公式参考文献[3].

计算支链氨基酸同芳香族氨基酸的比值(支/芳值, F), 即:

$$F = w(\text{Val} + \text{Leu} + \text{Ile}) / w(\text{Phe} + \text{Tyr}).$$

2 结果与分析

2.1 常规营养成分

条石鲷肌肉中水分质量分数和斑驳尖塘鳢 *Oxyeleotris marmoratus* 相当, 相对黄斑篮子鱼 *Siganus oramin*、CC 家系大黄鱼 *Pseudosciaena croce*^[5] (以下简称大黄鱼) 和中华倒刺鲃 *Spinibarbus hollandi* 较高, 低于大菱鲆 *Scophthalmus maximus* 和尼罗罗非鱼 *Oreochromis niloticus*; 粗蛋白质量分数和大菱鲆相当, 比黄斑篮子鱼、斑驳尖塘鳢和中华倒刺鲃低, 高于大黄鱼和尼罗罗非鱼; 粗脂肪比黄斑篮子鱼、大菱鲆和大黄鱼低, 高于斑驳尖塘鳢、中华倒刺鲃和尼罗罗非鱼; 粗灰分比其他鱼类低; 无氮浸出物比大黄鱼和斑驳尖塘鳢低, 均比其他几种鱼类高; 能值和比能值比黄斑篮子鱼及大黄鱼低, 高于其他几种鱼类(表 1).

表 1 条石鲷与其他几种鱼类的肌肉一般营养成分比较(鲜质量)

Tab. 1 Comparison of nutrient components in muscle of *Oplegnathus fasciatus* and some other fishes (wet mass)

种类	w/%					能值/	E: P/
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分	无氮浸出物	(kJ · g ⁻¹)	(kJ · g ⁻¹)
条石鲷	78.08	16.86	3.02	0.55	1.49	5.44	32.24
黄斑篮子鱼 ^[3]	74.52	19.64	4.71	1.09	0.04	6.51	33.15
大菱鲆 ^[4]	78.49	16.91	3.39	1.02	0.19	5.37	31.76
CC家系大黄鱼 ^[5]	75.38	16.11	4.85	1.02	2.64	6.18	38.36
斑驳尖塘鳢 ^[6]	78.12	17.83	0.25	1.07	2.73	4.78	26.81
中华倒刺鲃 ^[7]	77.00	19.22	1.96	1.62	0.20	5.35	27.84
尼罗罗非鱼 ^[8]	80.85	15.38	1.75	1.07	0.95	4.49	29.19

2.2 氨基酸组成

条石鲷肌肉中常规测定的 18 种氨基酸占干质量的 77.26%, 高于黄斑篮子鱼(68.33%)^[3]、大

菱鲆(74.34%, 无 Cys)^[4]、大黄鱼(52.80%, 无 Trp)^[5]、斑驳尖塘鳢(74.02%)^[6] 和中华倒刺鲃(73.61%)^[7], 仅比尼罗罗非鱼(81.88%)^[8] 低.

表 2 条石鲷肌肉中 18 种常见氨基酸组成及质量分数¹⁾

Tab. 2 Amino acids composition and percentage contents in muscle of *Oplegnathus fasciatus*

氨基酸种类	w/%	
	鲜样	干样
组氨酸 His ²⁾	0.38	1.74
精氨酸 Arg ²⁾	1.12	5.08
天冬氨酸 Asp ^{3)†}	1.83	8.31
谷氨酸 Glu ^{3)†}	2.82	12.84
丙氨酸 Ala ^{3)†}	1.12	5.09
甘氨酸 Gly ^{3)†}	0.87	3.95
脯氨酸 Pro [†]	0.66	2.98
胱氨酸 Cys [†]	0.08	0.35
酪氨酸 Tyr [†]	0.59	2.67
丝氨酸 Ser [†]	0.47	2.14
异亮氨酸 Ile ⁴⁾	0.88	3.99
亮氨酸 Leu ⁴⁾	1.52	6.92
缬氨酸 Val ⁴⁾	0.95	4.34
苯丙氨酸 Phe ⁴⁾	0.72	3.26
赖氨酸 Lys ⁴⁾	1.63	7.43
蛋氨酸 Met ⁴⁾	0.54	2.45
色氨酸 Trp ⁴⁾	0.13	0.57
苏氨酸 Thr ⁴⁾	0.69	3.15
氨基酸总量	17.00	77.26
必需氨基酸总量	7.06	32.11
半必需氨基酸总量	1.50	6.82
非必需氨基酸总量	8.44	38.33
鲜味氨基酸总量	6.64	30.19
必需氨基酸总量/氨基酸总量	41.53	41.56
必需氨基酸总量/非必需氨基酸总量	83.65	83.77
鲜味氨基酸总量/氨基酸总量	39.01	39.08

1) 支/芳值为 2.57;2) 为半必需氨基酸;3) 为鲜味氨基酸, 4) 为必需氨基酸;† 为非必需氨基酸.

从氨基酸组成上来看, Glu 质量分数最高, 占氨基酸总量的 16.48%, 其次是 Asp、Lys 和 Leu; Cys 质量分数最低, 仅占氨基酸总量 0.45%, 这一组成特点

和黄斑篮子鱼^[3]、大黄鱼^[5]一致. Glu 不仅是鲜味氨基酸, 还是脑组织生化代谢中的重要氨基酸, 具有较强的增强记忆功能^[9]. 在 8 种必需氨基酸中, Lys 含量最高, 这和多数鱼类相似^[3,5-8], 其质量分数比黄斑篮子鱼^[3]、斑驳尖塘鳢^[6]和大黄鱼^[5]高, 稍低于尼罗罗非鱼^[8]和中华倒刺鲃^[7]. Lys 被列为人体主要的限制性氨基酸^[10], 条石鲷肌肉中 Lys 含量高, 可弥补大米、小麦等食物蛋白质中 Lys 的不足. 另外, 条石鲷中还含有丰富的 Arg, 据报道^[11-12], Arg 有很多生化和治疗作用, 在促进许多幼年哺乳动物生长和伤口愈合方面起着重要作用. 条石鲷肌肉中还含有 0.63% (dry) 的牛磺酸, 在机体渗透调节、抗氧化、解毒、促进脂质代谢、增强免疫和抗肿瘤等方面具有广泛的作用^[13]. 表 2 还显示, 条石鲷肌肉(干样)中必需氨基酸占总氨基酸 [$w(\text{EAA})/w(\text{TAA})$] 41.56%, 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 [$w(\text{EAA})/w(\text{NEAA})$] 为 83.77%. 根据 FAO/WHO 的理想模式, 品质较好的蛋白质其组成氨基酸的 $w(\text{EAA})/w(\text{TAA})$ 为 40% 左右, $w(\text{EAA})/w(\text{NEAA})$ 在 60% 以上^[14], 可见, 条石鲷肌肉氨基酸组成几项指标符合上述要求, 氨基酸较平衡, 因此, 条石鲷的肌肉属于优质蛋白质. 高支、低芳氨基酸混合物具保肝作用, 正常人和哺乳动物的支/芳值为 3.0~3.5, 当肝受损伤时, 则降为 1.0~1.5^[15], 条石鲷的支/芳值为 2.57, 比较接近正常人的平均水平.

2.3 肌肉营养品质评价

2.3.1 肌肉必需氨基酸组成 把表 2 中的数据换算成每克氮中含氨基酸质量 (mg, 乘以 62.5%) 后^[3], 与 FAO/WHO 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比较, 并计算条石鲷的氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI) (表 3). 由表 3 看出, 条石鲷必需氨基酸的 AAS 均接近或大于 1, CS 中除 Trp、含硫氨基酸 Met + Cys 外, 均大于 0.5, 这表明条石鲷肌肉必需氨基酸组成相对比较平衡, 且含量较丰富.

表 3 条石鲷肌肉必需氨基酸组成的评价¹⁾

Tab. 3 Evaluation of essential amino acids composition in muscle of *Oplegnathus fasciatus*

评价系统	Ile	Leu	Lys	Thr	Val	Trp	Met + Cys	Phe + Tyr
AAS	1.00	0.98	1.36	0.79	0.88	0.60	0.80	0.97
CS	0.75	0.81	1.05	0.67	0.66	0.36	0.45	0.65

1) 条石鲷肌肉必需氨基酸指数 (EAAI) 为 64.43.

根据 AAS 值和 CS 值, 条石鲷的限制性氨基酸主要为 Trp、Met + Cys 和 Thr. 在 AAS 和 CS 中, Lys 的值都是最高, 且已超过 FAO/WHO 氨基酸标准模式和鸡

蛋蛋白质, 分别为这 2 个标准的 1.36 倍和 1.05 倍, 这对于以谷物为主的膳食者来说, 可以弥补谷物食品中 Lys 的不足, 从而提高人体对蛋白质的利用率^[7].

条石鲷肌肉 EAAI 为 64.43, 低于中华倒刺鲃 (71.34)^[7], 比斑驳尖塘鳢 (61.66)^[6]、黄斑篮子鱼 (61.07)^[3] 及大黄鱼 (62.1)^[5] 高, 表明条石鲷营养价值较好。

2.3.2 肌肉鲜味氨基酸组成 动物蛋白质的鲜美在一定程度取决于其鲜味氨基酸 (Glu、Asp、Gly 和 Ala) 的组成及含量。鲜味氨基酸中的 Glu 和 Asp 为呈鲜味的特征性氨基酸, 其中 Glu 的鲜味最强; 而 Gly 和 Ala 是呈甘味的特征性氨基酸^[16]。从表 4 可看出, 条石鲷肌肉 Glu 的含量和斑驳尖塘鳢相近, 比其他鱼类高; 从鲜味氨基酸总量来看, 均高于其他几种鱼类, 表明条石鲷是一种味道鲜美的海水鱼类。

表 4 条石鲷肌肉中鲜味氨基酸的组成与其他鱼类的比较 (干样)

Tab. 4 Comparison of delicious amino acids percentage contents in muscle of *Oplegnathus fasciatus* and some other fishes (dry mass)

种类	w/%				
	Asp	Glu	Gly	Ala	DAA
条石鲷	8.31	12.84	3.95	5.09	30.19
黄斑篮子鱼 ^[3]	6.57	9.55	3.44	4.80	24.36
大菱鲆 ^[4]	6.96	9.94	6.82	6.05	29.77
CC 家系大黄鱼 ^[5]	6.03	8.46	3.53	2.71	20.73
斑驳尖塘鳢 ^[6]	7.68	12.84	3.38	2.24	26.14
中华倒刺鲃 ^[7]	6.39	9.36	3.87	4.57	24.22
尼罗罗非鱼 ^[8]	8.41	12.58	3.81	4.91	29.71

1) DAA 表示鲜味氨基酸总和。

2.4 脂肪酸组成

条石鲷肌肉中主要含有 17 种脂肪酸 (表 5), 即饱和脂肪酸 (SFA) 7 种, 不饱和脂肪酸 (UFA) 10 种, 其中单不饱和脂肪酸 (MUFA) 4 种, 多不饱和脂肪酸 (PUFA) 6 种。条石鲷肌肉的 PUFA 占肌肉脂肪酸的 24.60%, 高于中华倒刺鲃 (11.23%)^[7], 低于黄斑篮子鱼 (28.28%)^[3]、斑驳尖塘鳢 (28.41%)^[6] 及尼罗罗非鱼 (41.09%)^[8], 与大菱鲆 (22%)^[4] 和大黄鱼 (22.4%)^[5] 接近。条石鲷肌肉的 MUFA 中, C_{18:1} 质量分数最高, 为 19.04%。脂肪加热产生香气, 尤其高含量的 PUFA 能显著地增加香味, 使肌肉的味道香美, 同时肌肉呈多汁性^[3]。近年研究发现, PUFA 还有降血脂、抑制血小板凝集、降血压、提高生物流动性、抗肿瘤、抗炎和免疫调节等作用, 能显著降低心血管疾病的发病率^[17]。

条石鲷肌肉中 EPA + DHA 的质量分数总计为 16.86%, 明显高于中华倒刺鲃 (3.95%, 淡水鱼)^[7]、斑驳尖塘鳢 (6.98%, 淡水鱼)^[6]、尼罗罗非鱼 (11.50%, 咸淡水鱼)^[8]; 稍高于大菱鲆 (13.53%, 海

水鱼)^[4]; 低于黄斑篮子鱼 (21.16%, 海水鱼)^[3] 和大黄鱼 (20.00%, 海水鱼)^[5]。从以上数据可看出, 海水鱼类的 EPA 和 DHA 总含量明显高于淡水鱼类, 这可能与鱼类的摄食习性、饵料种类、消化机理、生长环境等有关。EPA 和 DHA 是人和动物生长发育的必需脂肪酸, 其生理活性强, 具有降血脂功能, 对缺血性心脏病致心绞痛、心肌梗死、心律失常等有一定防治作用, 可促进血液循环, 防止动脉硬化, 促进大脑发育等作用^[18]。条石鲷肌肉中 EPA 和 DHA 含量相对较高, 是否具有一定的保健功能尚待进一步证实。

表 5 条石鲷肌肉中脂肪酸组成及质量分数 (干样)

Tab. 5 Fatty acids composition and percentage contents in muscle of *Oplegnathus fasciatus* (dry mass)

脂肪酸	w/%	脂肪酸	w/%	脂肪酸	w/%
C _{14:0}	1.95	C _{14:1}	0.09	C _{18:2}	3.51
C _{15:0}	0.46	C _{16:1}	5.71	C _{16:3}	0.22
C _{16:0}	26.76	C _{18:1}	19.04	C _{8:4}	0.12
C _{17:0}	1.63	C _{20:1}	0.62	C _{20:4}	3.89
C _{18:0}	9.14	Σ MUFA	25.46	C _{20:5} (EPA)	1.76
C _{19:0}	0.16			C _{22:6} (DHA)	15.10
C _{20:0}	0.11			EPA + DHA	16.86
Σ SFA	40.21			Σ PUFA	24.60

2.5 常量和微量元素含量

矿物质元素作为鱼体的营养组成成分和参与鱼体生理代谢的活性成分对鱼体的生长、代谢具有非常重要的作用。由表 6 可知, 条石鲷肌肉中含有丰富的常量和微量元素, 常量元素中 P 含量最高, 微量元素中, Zn 含量最高。P 不仅参与许多物质的形成过程, 并且与许多辅酶的合成有关; Zn 是人体生长发育及免疫调控所必需的微量元素之一, 尤其对儿童的生长发育、免疫功能、智力发育等具有重要意义^[19]。

在表 6 中, 与其他鱼类相比, 条石鲷肌肉 Ca 含量比大菱鲆和中华倒刺鲃低, 比黄斑篮子鱼和斑驳尖塘鳢高。Mg 除了比大菱鲆低外, 均比黄斑篮子鱼、斑驳尖塘鳢和中华倒刺鲃高, Zn 含量与大菱鲆相近, 而明显高于黄斑篮子鱼、斑驳尖塘鳢和中华倒刺鲃, Fe 和 Mn 含量低于大菱鲆, 明显高于黄斑篮子鱼、斑驳尖塘鳢和中华倒刺鲃, P、Cr 和 Se 含量相对较高, Cu 含量相对较低。Se 是联合国卫生组织确定的人体所必需的微量元素, 是构成谷胱甘肽过氧化物酶的重要成分, 具有抗氧化作用, 可以与细胞膜结合而保护细胞膜免受氧化, Se 还具有抗癌, 维持心血管系统正常结构和功能, 提高机体免疫力等作用^[20]。人体摄入的 Se 几乎全部来自食物, 鱼肉易于消化吸收, 可

成为 Se 的良好来源. Zn、Cu、Mn 和 Se 4 种微量元素参与多酶活性中心的构成,对核酸、蛋白质的合成及免疫过程都有直接或间接作用^[21]. 条石鲷中各种常量及微量元素尤其人体必需的微量元素含量较丰富,是优越的营养食品.

表 6 条石鲷肌肉中常量、微量元素的质量分数及与其他鱼类的比较

种类	$w/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$								
	Ca	Mg	P	Zn ¹⁾	Fe ¹⁾	Mn ¹⁾	Cu ¹⁾	Cr ¹⁾	Se ¹⁾
条石鲷	1 030	1 110	7 780	58.9	36.7	0.544	0.629	1.48	3.96
黄斑篮子鱼 ^[3]	87.12	16.67	652.13	11.44	—	—	—	0.393	0.394
大菱鲆 ^[4]	3 825.07	3 321.15	6 420.91	61.92	57.75	9.37	4.84	0.49	0.49
斑驳尖塘鳢 ^[6]	310	311	1 868	5.20	5.65	0.41	1.52	0.11	—
中华倒刺鲃 ^[7]	2 117	259	2 758	5.20	9.77	0.17	0.74	0.52	—

1) 示微量元素.

3 结论

条石鲷肌肉的比能值较高,支/芳值较接近人体正常水平. 其肌肉中含有较多的粗蛋白和粗脂肪,氨基酸总量及鲜味氨基酸含量较高,且含有对人体有益的牛磺酸(Tau). 根据 $w(\text{EAA})/w(\text{TAA})$ 和 $w(\text{EAA})/w(\text{NEAA})$ 的比值及 EAAI、AAS 和 CS 的分值来看,条石鲷肌肉中氨基酸含量较高,且必需氨基酸组成相对比较平衡,是一种富含优质蛋白质的鱼类. 条石鲷肌肉中含有较多的 PUFA,体内 EPA 和 DHA 含量丰富,具有较高的食用价值.

条石鲷肌肉中常量与微量元素含量较丰富,尤其是含有较多的人体必需的 Zn 和 Se,是一种营养价值较高的海水鱼类.

参考文献:

[1] 福建鱼类志编写组. 福建鱼类志:下卷[M]. 福州:福建科学技术出版社,1985:254-255.

[2] BRETT J R, GROVES T D D. Physiological Energetics [M] // HOAR W S, RANDALL D J, BRETT J R. Fish Physiology: Vol. 8. New York: Academic Press, 1979:279-352.

[3] 庄平,宋超,章龙珍,等. 黄斑篮子鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. 水产学报,2008,32(1):77-83.

[4] 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.

[5] 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(42):286-291.

[6] 邴旭文,张宪中. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国海洋大学学报,2006,36(1):107-111.

[7] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃的肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国水产科学,2005,12(2):211-215.

[8] 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):614-618.

[9] 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,1988:305-361.

[10] 陈学存. 应用营养学[M]. 北京:人民卫生出版社,1984:8-14.

[11] 张林生,路苹,曹让. 大蒜中氨基酸组成及其功能[J]. 氨基酸杂志,1991(2):32-34.

[12] SEIFTER E. Amino acid function in treatment[J]. Surgery, 1978,84:224-227.

[13] 俞鸣,田庆伟. 牛磺酸保健作用的研究进展[J]. 中国食品添加剂,1999(4):4-7.

[14] 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]. 氨基酸分析,1988,10:41-43.

[15] 刘世禄,王波,张锡烈,等. 美国红鱼的营养成分分析与评价[J]. 海洋水产研究,2002,23(2):25-32.

[16] 郡司笃孝. 食品添加剂手册[M]. 刘纯洁,张娟婷编译. 北京:中国展望出版社,1988:157-160.

[17] 杭晓敏,唐涌濂,柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 生物工程进展,2001,21:18-21.

[18] 朱爱意,赵向炯,杨运琪. 东极海区管角螺软体部的营养成分分析[J]. 南方水产,2008,4(2):63-68.

[19] 李峰,于洪领,王月霞. 微量元素锌与儿童生长关系的研究[J]. 中国妇幼保健,2009,24(15):2081-2082.

[20] 宁婵娟,吴国良. 微量元素硒与人体健康及我国富硒食品的开发状况[J]. 山西农业科学,2009,37(5):88-90.

[21] 石红,王剑河,郝淑贤,等. 糙齿海豚营养组成分析[J]. 南方水产,2007,3(5):65-68.

【责任编辑 柴 焰】