

研究简报

DOI 号: 10.3724/SP.J.0000.2009.50980

石爬鮡含肉率及肌肉营养成分分析

潘艳云¹ 冯 健¹ 杜卫萍² 蒋步国¹ 罗 波¹ 庞 卫¹

(1. 广西大学动物科技学院, 南宁 530004; 2. 四川农业大学动物科技学院, 雅安 625014)

THE STUDY ABOUT RATE OF FLESH IN BODY AND NUTRITIONAL COMPOSITION OF MUSCLE IN EUCHILOGLANIS SPP.

PAN Yan-Yun¹, FENG Jian¹, DU Wei-Ping², JIANG Bu-Guo¹, LUO Bo¹ and PANG Wei¹

(1. College of Animal Science, Guangxi University, Nanning 530004; 2. College of Animal Science, Sichuan Agriculture University, Ya'an 625014)

关键词: 石爬鮡; 含肉率; 生化组成; 氨基酸; 脂肪酸

Key words: *Euchiloglanis* spp.; The rate of flesh to body; Biochemical composition; Amino acid; Fatty acid

中图分类号: Q176 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2009)05-0980-06

石爬鮡 (*Euchiloglanis* spp.) 属 *Euchiloglanis* Regan, 隶属于鲇形目 (Siluriformes) 鮡科 (Sisoridae), 是在高山峡谷, 陡坡急流, 枯洪流量悬殊的环境中底栖生活的小型冷水性淡水鱼类, 是鮡鱼类中除原鮡 (*Glyptosternum*) 外最原始的种类, 主要分布于青海、四川、云南、西藏的金沙江、岷江水系干支流, 海拔 1800—3600m 处。常栖息于山涧溪河多砾石的急流滩上, 以扁平的腹部和口胸的腹面附贴于石上, 用匍匐的方式移动^[1]。动物性食物为主的杂食性鱼类, 食物中以水生昆虫及其幼虫为主, 其次为水生植物的碎片及有机腐屑。该鱼肉质细嫩, 味道鲜美, 是产区的主要小型经济鱼类之一^[2]。目前尚未有人工养殖报道, 近年野生资源明显下降。本文分析了石爬鮡的含肉率和肌肉的营养成分, 对其营养价值进行评定并对人工养殖提供部分相关数据。

1 材料与方法

1.1 实验鱼 2007 年 5 至 8 月在我国石爬鮡主要产区之一, 四川雅安购得市售 57 尾野生石爬鮡, 平均体重 (175.33 ± 0.87) g, 体长 (20.17 ± 0.89) cm。外观检查体质健壮, 无病害。

1.2 研究方法 吸干鱼体表水分, 依此测定体长、体重。按常规方法解剖分离性腺、内脏、鳃、皮肤和鳞、鳍和骨骼等非肉质部分, 分别称重, 分别计算含肉率、鳃占有率、鳍占有率、骨骼占有率、内脏比、性腺指数、皮肤和鳞占有率^[3]。每尾鱼的肌肉样品取自鱼体两侧头后至尾柄前的去皮去骨肌肉, 将

肌肉样品切碎, 混合均匀, 保存在 -25℃ 冰箱中备用。测定脂肪酸的样品保存在 -196℃ 低温液氮中保存备用。采用常规的生化分析方法测定其中 10 个样品的水分、蛋白质、脂肪、灰分^[4]。用日产 835-50 型氨基酸自动分析仪测定鱼体肌肉蛋白质氨基酸含量。酸水解中色氨酸和胱氨酸被破坏未测。脂肪酸测定, 样品经皂化、甲醛化处理, 气相色谱仪 (Trace MS 型, 美国 Finnigan 公司) 测定, 按峰面积归一化法计算脂肪酸组成^[5,6]。按每克蛋白质 23.64 kJ, 脂肪 39.54 kJ, 无氮浸出物 17.15 kJ 计算鱼体肌肉的能值^[7]。

1.3 鱼肉营养价值的评定 目前还没有关于鱼肉营养价值评定的评分体系, 本试验参考 1973 年 FAO/WHO 建议的氨基酸评定标准模式 (% , dry)^[7] 和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式 (% , dry)^[8], 分别按以下公式计算氨基酸评分 (AAS)、化学评分 (CS) 和必需氨基酸指数 (EAAI)^[9,10]。

氨基酸评分 (AAS) = $\frac{\text{待评样品氨基酸含量}(\%) }{\text{WHO 评分模式中同种氨基酸含量}(\%)}$

化学评分 (CS) = $\frac{\text{待评样品氨基酸含量}(\%) }{\text{全鸡蛋蛋白同种氨基酸含量}(\%)}$

必需氨基酸指数 (EAAI) = $n \sqrt{100a/A \times 100b/B \times \dots \times 100j/J}$
n 为必需氨基酸个数; a, b, ..., j 为待评样品必需氨基酸含量; A, B, ..., J 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量。F 值是支链氨基酸同芳香族氨基酸的比值即:

$$F = \frac{\text{缬氨酸} + \text{亮氨酸} + \text{异亮氨酸}}{\text{苯丙氨酸} + \text{酪氨酸}}$$

收稿日期: 2008-02-27; 修订日期: 2009-02-01

基金项目: 广西大学人才引进基金项目 (2005231) 资助

作者简介: 潘艳云 (1983—), 女, 汉族, 广西桂林人; 鱼类营养生理硕士研究生

通讯作者: 冯健 (1958—), 男, 博士, 教授。E-mail: fengjian08@163.com

1.4 数据处理 采用 excel中相关统计软件对实验数据进行处理。

2 结 果

2.1 含肉率

分析了 57尾石爬鮡的含肉率、鳃占有率、鳍条占有率、骨骼占有率、内脏占有率、性腺占有率以及皮肤占有率(表 1)。其含肉率为(75.14 ±1.17)%;性腺指数和鳃占有率较低,分别为(1.52 ±0.78)%和(1.17 ±0.31)%。性腺指数的变异系数最大,分别为 1.77%和 51.29%,说明鱼的性成熟程度有较大差异。

2.2 石爬鮡肌肉生化成分分析

随机分析其中 10尾石爬鮡的肌肉中水分、蛋白质、脂肪、灰分(表 2)。石爬鮡肌肉中生化成分平均百分比和能值为:水分(80.09 ±0.89)%、蛋白质(15.29 ±0.77)%、脂肪(1.52 ±0.26)%、灰分(1.44 ±0.31)%、无氮浸出物(1.66 ±0.70)%、总能(4.50 ±0.21) kJ/g。除了脂肪、灰分和无氮浸出物的变异系数较大外,分别为 16.97%、21.39%、41.89%,其他的变异系数都小于 10%。

表 1 石爬鮡含肉率(%)及组成

Tab. 1 The rate of flesh content and components of fish

项目	变幅	平均值	标准差	变异系数
Item	Range	X ±SD		CV
含肉率	72.89—76.83	75.14 ±1.17		1.77
Ratio of flesh				
鳃占有率	0.71—1.57	1.17 ±0.31		26.36
Ratio of gill				
鳍条占有率	6.78—7.84	7.31 ±0.37		5.01
Ratio of fin				
骨骼占有率	5.64—7.22	6.47 ±0.64		10.67
Ratio of skeleton				
内脏比	3.23—5.76	4.46 ±0.78		17.38
Ratio of viscera				
性腺指数	0.19—2.57	1.52 ±0.78		51.29
Ratio of sex gland				
皮肤占有率	3.03—4.86	3.92 ±0.64		16.40
Ratio of skin & scale				

表 2 石爬鮡肌肉营养成分(%,湿重)

Tab. 2 The chemical composition(%, wet) in muscle of fish

样品	水分	蛋白质	脂肪	灰分	无氮浸出物 ¹	总能 ²
Samples	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Non-nitrogen extract ¹	Gross energy ² (kJ/g)
1	78.22	16.60	1.60	1.35	2.23	4.94
2	80.74	16.00	1.53	0.86	0.87	4.54
3	80.50	16.30	1.61	1.00	0.59	4.59
4	80.95	14.80	1.50	1.35	1.40	4.33
5	81.00	14.70	1.30	1.85	1.15	4.19
6	79.10	15.20	1.84	1.66	2.20	4.70
7	80.53	14.20	1.93	1.59	1.75	4.42
8	79.54	15.10	1.06	1.55	2.75	4.46
9	80.20	15.20	1.58	1.63	1.39	4.46
10	80.07	14.80	1.29	1.57	2.27	4.40
平均值 X	80.09	15.29	1.52	1.44	1.66	4.50
标准差 SD	0.89	0.77	0.26	0.31	0.70	0.21
变异系数 CV	1.11	5.02	16.97	21.39	41.86	4.62

注:1. 碳水化合物(%) = 100 - (蛋白质 + 脂肪 + 灰分 + 水分); 2. 总能(kJ/g) = 蛋白质 ×23.64 + 脂肪 ×39.54 + 无氮浸出物 ×17.15

Note: 1. Carbohydrate = 100 - (protein + fat + ash + water); 2. Gross energy(kJ/g) = protein ×23.64 + fat ×39.54 + non-nitrogen extract ×17.15

2.3 石爬鮡肌肉蛋白质中氨基酸含量与营养评价指标

随机对 5个样品进行氨基酸分析,结果显示石爬鮡肌肉中含有常见的 16种氨基酸(因酸水解处理,蛋氨酸值偏低),其中包括人体必需氨基酸 8种及非必需氨基酸 8种(表 3)。谷氨酸含量最高,平均含量达 14.95%;蛋氨酸含量最低,仅含 2.69%。8种人体必需氨基酸中亮氨酸含量最高,为 8.77%,其次为赖氨酸 8.54%,组氨

酸含量最低,为 2.00%。8种人体必需氨基酸总量是 42.71%,占氨基酸总量比例(E/TA)为 47.22%,必需氨基酸与非必需氨基酸之比值(E/NE)为 0.89,必需氨基酸与总氮的克数比(E/TN)为 3.39。所有氨基酸含量的变异系数都在 10%以下,其中丝氨酸的变异系数最大(6.7%),表明各种氨基酸在石爬鮡肌肉中的含量是相对比较稳定的。

表 3 石爬鲶肌肉中氨基酸含量
Tab. 3 Contents of amino acids in muscle of fish

样品 Sample	1	2	3	4	5	平均值 X	标准差 SD	变异系数 CV
氨基酸 Amino acid								
天门冬氨酸 Asp	10.01	10.03	10.20	9.91	9.99	10.03	0.11	1.06
丝氨酸 Ser	3.75	3.68	3.91	3.28	3.51	3.63	0.24	6.70
谷氨酸 Glu	14.82	14.95	15.07	15.05	14.87	14.95	0.11	0.71
甘氨酸 Gly	4.08	4.33	4.34	4.15	4.08	4.20	0.13	3.13
丙氨酸 Ala	5.96	6.06	6.07	6.03	5.90	6.00	0.07	1.23
蛋氨酸 Met	2.68	2.69	2.72	2.67	2.66	2.69	0.02	0.91
酪氨酸 Tyr	3.07	3.17	3.20	3.10	3.15	3.14	0.05	1.69
脯氨酸 Pro	3.03	3.22	3.19	3.06	3.02	3.10	0.09	3.04
非必需氨基酸 NE	47.41	48.12	48.71	47.24	47.18	47.73	0.66	1.39
缬氨酸 Val	4.36	4.59	4.35	4.72	4.60	4.52	0.16	3.54
苏氨酸 Thr	4.45	4.52	4.58	4.22	4.39	4.43	0.14	3.15
异亮氨酸 Ile	4.64	4.88	4.60	5.08	4.94	4.83	0.20	4.23
亮氨酸 Leu	8.68	8.85	8.81	8.80	8.69	8.77	0.08	0.91
苯丙氨酸 Phe	4.09	4.24	4.24	4.13	4.20	4.18	0.07	1.59
赖氨酸 Lys	8.50	8.59	8.52	8.59	8.52	8.54	0.04	0.50
组氨酸 His	1.94	2.04	1.99	1.98	2.06	2.00	0.05	2.39
精氨酸 Arg	5.32	5.50	5.51	5.42	5.40	5.43	0.08	1.46
必需氨基酸 E	41.97	43.22	42.61	42.93	42.79	42.71	0.46	1.09
总氨基酸量 TA	89.38	91.34	91.32	90.17	89.97	90.44	0.87	0.96
E/TA ¹	0.47	0.47	0.47	0.48	0.48	0.47	0.00	0.86
E/NE ²	0.89	0.90	0.87	0.91	0.91	0.89	0.01	1.63
E/TN ³	3.16	3.23	3.28	3.63	3.63	3.39	0.23	6.70

注: 1. E/TA 为必需氨基酸占氨基酸总量比例; 2. E/NE 为必需氨基酸与非必需氨基酸之比; 3. E/TN 为必需氨基酸与总氮的克数比

表 4 石爬鲶肌肉的氨基酸评分,化学评分和必需氨基酸指数 (%)

Tab. 4 AAS, CS and EAAI in muscle of fish (%)

项目 Item	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg	酪氨酸 + 苯丙氨酸 Tyr + Phe	必需氨基酸指数 EAAI
平均值 X	4.43	4.52	4.83	8.77	8.52	2.00	5.43	7.22	
FAO/WHO	4.00	5.00	4.00	7.00	5.50			12.00	
氨基酸评分 AAS	1.11 ²	0.90 ¹	1.21	1.25	1.55			1.20	
全鸡蛋蛋白质模式同种氨基酸含量 TEPA	4.98	7.42	6.60	8.80	6.40	2.40	6.56	10.08	
化学评分 CS	0.89	0.61 ¹	0.73 ²	1.00	1.33	0.83	0.83	0.72	84.56

注: 1. 第一限制性氨基酸; 2. 第二限制性氨基酸

Note: 1. The first limited amino acid; 2. The second limited amino acid

对鱼肉进行氨基酸评分,是评价其蛋白质质量和指导蛋白质资源利用的重要依据。根据测定氨基酸含量和 FAO/WHO 评分标准模式同种氨基酸含量及全鸡蛋蛋白质模式同种氨基酸含量,分别计算出石爬鲶肌肉的氨基酸评分

(AAS)、化学评分 (CS)和必需氨基酸指数 (EAAI) (表 4)。从表 4 可见,根据氨基酸评分时,石爬鲶的第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基酸为苏氨酸,而根据化学评分时,石爬鲶的第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基

酸为异亮氨酸。

2.4 石爬鮡肌肉脂肪中脂肪酸含量

对 5 个样品进行脂肪酸分析,结果显示石爬鮡肌肉中主要含有 21 种脂肪酸,饱和脂肪酸有 5 种,不饱和脂肪酸 16 种,其中高度不饱和脂肪酸 13 种(表 5)。饱和脂肪酸占总脂肪酸的 25.4%,其中以 16:0 含量最多,占 18.7%,18:0 次之,占 3.0%。总不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 73.9%;其中

单不饱和脂肪酸占 37.2%,以 18:1ω-9 最多,占脂肪酸总量的 25.6%,16:1ω-7 次之,占 11.4%,以 20:1ω-9 最少,占 0.2%。多不饱和脂肪酸(PUFA)占总脂肪酸的 36.7%,其中 18:3ω-3 含量最高,占脂肪酸总量的 9.7%,其次为 20:3ω-4(占 6.2%),18:2ω-6(占 5.7%);饱和脂肪酸与不饱和脂肪酸的比为 0.3。其中 14 种脂肪酸的变异系数都大于 10%,这可能由于野生石爬鮡天然饵料来源的差异有关。

表 5 石爬鮡肌肉脂肪中脂肪酸组成(%)

Tab. 5 Contents of fatty acids in muscle of fish(%)

样品 Sample 脂肪酸 Amino acid	1	2	3	4	5	平均值 X	标准差 SD	变异系数 CV
14:0	2.3	2.7	2.1	2.5	3.0	2.5	0.35	13.86
15:0	1.0	0.8	1.3	0.9	0.7	0.9	0.23	24.49
16:0	18.6	19.0	18.2	19.1	18.5	18.7	0.37	1.98
17:0	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.08	29.88
18:0	3.3	2.9	3.4	2.4	3.0	3.0	0.39	13.12
16:1ω	11.0	11.6	12.2	10.8	11.6	11.4	0.55	4.85
18:1ω	26.0	24.4	24.9	25.8	26.8	25.6	0.94	3.69
20:1ω	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.04	20.33
18:2ω-6	4.9	6.3	5.5	6.1	5.7	5.7	0.55	9.61
20:2ω-6	2.0	1.7	2.1	2.3	1.9	2.0	0.22	11.18
18:3ω-3	9.8	10.0	9.3	9.9	9.6	9.7	0.28	2.85
20:3ω-3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04	37.27
20:3ω-4	6.0	5.7	6.9	6.6	5.7	6.2	0.54	8.82
20:3ω-5	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.04	37.27
22:3ω-4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.04	24.85
22:3ω-5	1.7	1.9	1.6	1.5	1.3	1.6	0.22	13.98
22:3ω-6	3.8	4.1	3.6	4.4	4.0	4.0	0.30	7.62
20:4ω-6	3.7	3.1	2.8	2.5	3.5	3.1	0.49	15.77
22:4ω-6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.04	24.85
20:5ω-3	0.8	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.12	20.41
22:6ω-3	3.1	3.5	3.6	3.0	2.8	3.2	0.34	10.60
ΣFA ¹	99.1	99.3	99.3	99.4	99.7	99.4	0.22	0.22
ΣSFA ²	25.4	25.7	25.4	25.1	25.5	25.4	0.22	0.85
ΣMUFA ³	37.2	36.2	37.3	36.9	38.6	37.2	0.87	2.35
ΣPUFA ⁴	36.5	37.4	36.6	37.4	35.6	36.7	0.75	2.04
ΣUFA ⁵	73.7	73.6	73.9	74.3	74.2	73.9	0.30	0.41
SFA/UFA	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34	0.3	0.00	1.18

注: 1. FA 为脂肪酸; 2. SFA 为饱和脂肪酸; 3. UFA 为不饱和脂肪酸; 4. MUFA 为单不饱和脂肪酸; 5. PUFA 为多不饱和脂肪酸

Note: 1. FA fatty acid; 2. SFA saturated fatty acids; 3. UFA unsaturated fatty acids; 4. MUFA monounsaturated fatty acids; 5. PUFA polyunsaturated fatty acids

3 讨论

3.1 石爬鮡含肉率的分析

含肉率是评价鱼类品质、经济性状和生产性能优劣的重要指标之一。它因种类品种而有不同,但在一定程度上受营养条件、生理状况的影响。对比分析,本试验中石爬鮡的含肉率高于黑尾近红鮡 *Ancherythroculter nigrocauda*, Yih 70.74%^[3],黄颡鱼 *Pelteobagrus fulvidraco*, Richardson 67.53%,鳊鱼 *Siniperca chuatsi* 67.62%,尼罗罗非鱼 *Oreochromis nilotica* 67.18%,荷包红鲤鱼 *Cyprinus carpio* var. *singunensis* 53.4%。低于南方大口鲇 *Silurus soldatovi* 79.84%和鲇 *Schilbeas fontinalis* 79.71%^[11-16]。究其原因可能是由种的特异性以及环境不同引起的。

3.2 石爬鮡常规营养特性的分析

10个体长组的石爬鮡的肌肉分析结果表明,水分、蛋白质、总能及 E/P 含量差异不大,而脂肪、灰分和无氮浸出物含量差异大。蛋白质、脂肪、无氮浸出物含量决定能值大小。E/P 比值表示能值与蛋白质含量的比值。能值及 E/P 比值低,显示石爬鮡的蛋白质含量相对较高。以干物质计石爬鮡肌肉蛋白质含量高达 76.45%,脂肪含量只有 7.6%,这也反映它是一种高蛋白、低脂肪鱼类。在营养学上,一般认为食品中干物质含量越高,其总养分含量也就越高。本试验研究得出石爬鮡的水分含量为 80.09%,低于黄颡鱼、南方大口鲇和鲇^[12,16]。

3.3 石爬鮡肌肉蛋白质营养特性的分析

在食物的诸种营养素中,蛋白质是首要的,而蛋白质又是由许多氨基酸组成,因此食物蛋白质营养实质上就是氨基酸营养。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,就成为了评价食物蛋白质营养价值的最重要指标。从本次测定结果看,石爬鮡氨基酸总量、必需氨基酸量以及必需氨基酸指数都较高,氨基酸总量、必需氨基酸量分别为鲜样的 18.09%和 8.54%,必需氨基酸指数为 84.56,均高于鳊鱼、黄颡鱼、金鲢 (*Oncorhynchus mykiss*)、鲫鱼 (*Carassius auratus*),低于梭鲈 (*Pikeperch reservoir*)^[11-16]。而且必需氨基酸含量稍高于以婴儿需要量为底限的 WHO/FAO 评分模式,尤其是谷物食品中较为缺乏的赖氨酸在该鱼肌肉中含量较丰富,氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS) 较高,分别为 1.55 和 1.33。一般研究者把谷氨酸、天门冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸归为鲜味氨基酸,它们的多少决定鱼肉的口感。石爬鮡肌肉中鲜味氨基酸含量为 7.04%,低于鲤鱼 (*Cyprinus carpio Linnaeus*) 和梭鲈,而高于金鲢、斑点叉尾鮰 (*Ictalurus punctatus*)、黄颡鱼和鲢鱼^[11-16]。缬氨酸、苏氨酸和异亮氨酸为限制性氨基酸。

3.4 石爬鮡肌肉脂肪营养特性的分析

通过对石爬鮡肌肉脂肪酸进行分析,发现该鱼肌肉的脂肪酸含量超过 3% 的主要有 16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2ω-6, 18:3ω-3, 20:3ω-6, 22:3ω-6 和 22:6ω-3 等,石爬鮡肌肉饱和脂肪酸的质量分数总和 (25.4%) 高于草鱼 (*Tenopharyngodon idella*)、鲤、鳙 (*Aristichthys nobilis*,

Rich.)、团头鲂 (*Megalobrama amblycephala* Yih)^[18] 和鲫, 低于鲢、乌鳢 (*Channa argus*) 和丁鲷 (*Tinca tinca*)^[18,19]。单不饱和脂肪酸总量 (37.2%) 高于草鱼、鲤、鲢鱼 (*Hypophthalmichthys molitrix*, Cuv.)^[18,19], 低于丁鲷、鲫鱼、乌鳢^[18,19]。多不饱和脂肪酸总量 (36.5%) 低于草鱼、鲤、鲢鱼, 高于丁鲷、乌鳢^[18,19]。一般来说,脂肪酸在动物代谢活动中起着十分重要的作用,其中高度不饱和脂肪酸 (HUFA),特别是 ω-3 系列的多烯酸 EPA 和 DHA 具有很强的生理活性,是人和动物生长发育所必需的物质^[20,21]。近 20 年的医学研究证明, EPA 和 DHA 对心血管疾病及老年性痴呆具有治疗和保健作用^[22]。从本实验测得的结果可以看出,石爬鮡肌肉脂肪酸中 DHA 的含量占脂肪酸总量的 3.2%, 低于鲢、鳙肌肉 DHA 中的含量,但高于草鱼和鲫鱼^[18,19]。单不饱和脂肪酸总量和多不饱和脂肪酸总量相当,均高于饱和脂肪酸总量。这些实验数据表明,石爬鮡肌肉中脂肪具有一定的营养价值。

综上所述,通过对野生石爬鮡鱼类全面肉质分析,表明石爬鮡含肉率较高,氨基酸和脂肪酸组成较好,是富有营养和独特风味的人类动物性食品。这一我国本土冷水性小型经济鱼类应予大力保护和利用。其相关数据对石爬鮡的人工养殖也具有一定的指导意义和应用价值。

参考文献:

- [1] Wu Y F, Wu C Z. Fish on Qingzang Plateau [M]. Science Press 1992, 542—546 [武云飞, 吴翠珍. 青藏高原鱼类. 科学出版社. 1992, 542—546]
- [2] Ding R H. Fish in Sichuan [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Publishing Press 1994, 234—236 [丁瑞华. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社. 1994, 234—236]
- [3] Tan D Q, Wang J W, Dan S G. The ratio of flesh to body and analysis of the nutritive composition of muscle in *Ancherythroculter nigrocauda* (Yih et Wu) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, 28(2): 240—246 [谭德清, 王剑伟, 但胜国. 黑尾近红鮡含肉率及肌肉营养成分分析. 水生生物学报, 2004, 28(2): 240—246]
- [4] Chen S L, Hu C L, Hua Y Y. Analysis of biochemical composition of muscle in *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuv. et Val.) and *Aristichthys nobilis* (Rich.) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1983, 8(1): 125—132 [陈少莲, 胡传林, 华元渝. 鲢、鳙肌肉生化成分分析. 水生生物学集刊. 1983, 8(1): 125—132]
- [5] Zhu B K, Cao W X. Fatty acid composition and their changes during early life stage of silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, 26(2): 130—135 [朱邦科, 曹文宣. 鲢早期发育阶段鱼体脂肪酸组成变化. 水生生物学报, 2002, 26(2): 130—135]
- [6] Huang Z B, Li D Q. A rapid preparation of fatty acid methylesters for gas chromatographic analysis [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1990, 14(1): 40—43 [黄志斌, 李淡秋. 快速制备脂肪酸甲酯用于气相色谱分析. 水产学报, 1990, 14(1): 40—43]
- [7] Blaxter K. Energy Metabolism in Animals and Man. Cambridge University Press, Cambridge 1989, 56—61

- [8] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods [M]. Tokyo: The United National University. 1980, 26—29
- [9] Qiaoben F I (Translated by Cai W Q). Fisheries feed [M]. Beijing: Agriculture Publishing Press 1980, 114—115 [桥本芳郎(蔡完其译). 养鱼饲料学. 北京: 农业出版社. 1980, 114—115]
- [10] Yang J J, Lin Y, Liang J N, *et al* Analysis and evaluations on nutrition of natural forages of *Mystus guttatus* [J]. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2001, 21(1): 19—22 [杨家坚, 林勇, 梁军能, 等. 斑鲮几种常见天然饵料的营养分析与评价. 湛江海洋大学学报, 2001, 21(1): 19—22]
- [11] Chen Y M, Huang J, Cai Z D, *et al* Analysis of nutritional composition and the rate of flesh in the whole body of *Spinibarbus hollandi oshima* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2001, 21(2): 22—24 [陈意明, 黄钧, 蔡子德, 等. 光倒刺鲃的含肉率和肌肉营养成分分析. 水利渔业, 2001, 21(2): 22—24]
- [12] Huang F, Yan A S, Xiong C X, *et al* Evaluation of the nutrition and the rate of flesh in the whole body of *Pelteobagrus fulvidraco* rich [J]. *Freshwater Fisheries*, 1999, 29(10): 3—6 [黄峰, 严安生, 熊传喜. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养评价. 淡水渔业, 1999, 29(10): 3—6]
- [13] Yan A S, Xiong C X, Qian J W, *et al* Evaluation of the nutrition and the rate of flesh in the whole body of mandarinfish [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1995, 14(1): 80—84 [严安生, 熊传喜, 钱健旺, 等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值研究. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80—84]
- [14] Liu Z, Zhang C J, Wang X, *et al* Analysis of nutritional composition and the rate of flesh in the whole body of Liqian golden rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2004, 34(6): 23—25 [刘哲, 张昌吉, 王欣, 等. 金鳊含肉率及肌肉营养成分分析. 淡水渔业, 2004, 34(6): 23—25]
- [15] Cao G X, Jiang Z Y, Li S Z, *et al* Analysis of nutritional composition and the rate of flesh in the whole body of *Pikeperch* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2000, 20(6): 3—4 [曹桂新, 姜正炎, 李胜忠, 等. 梭鲈含肉率及营养成分分析. 水利渔业, 2000, 20(6): 3—4]
- [16] Chen D F, He X F. Analysis of nutritional composition and the rate of flesh in the whole body of southern catfish (*Silurus soldatovi*) and catfish [J]. *Journal of Animal Science*, 1990, 25(1): 7—9 [陈定福, 何学福. 南方大口鲶和鲢鱼含肉率及鱼肉的营养成分. 动物学杂志, 1990, 25(1): 7—9]
- [17] Liu J K, *et al* Studies on the Ecology of Lake Donghu [M]. Beijing: Science Press 1990, 307—311 [刘建康, 等. 东湖生态学研究(一). 北京: 科学出版社. 1990, 307—311]
- [18] Liu Y F. Fatty acid composition in muscle of five cultured freshwater fish [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1991, 15(2): 169—171 [刘玉芳. 中国5种淡水鱼脂肪酸组成分析. 水产学报, 1991, 15(2): 169—171]
- [19] Luo Y K. Fatty acid composition of muscle and guts in seven freshwater fishes [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2001, 6(4): 108—111 [罗永康. 7种淡水鱼肌肉和内脏脂肪酸组成的分析. 中国农业大学学报, 2001, 6(4): 108—111]
- [20] Su M A, Ma Y Z, Zhang J C. Analysis of nutritional composition in the whole body of *Synbranchoid* eels [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2000, 24(4): 339—344 [舒妙安, 马有智, 张建成. 黄鳝肌肉营养成分的分析. 水产学报, 2000, 24(4): 339—344]
- [21] Tong S Y. Changes of fatty acid composition in carp during winter [J]. *Journal of Fisheries of China*, 1997, 21(4): 373—378 [童圣英. 四种鲤科鱼类越冬时脂肪酸组成的变化. 水产学报, 1997, 21(4): 373—378]
- [22] Jiang H M, Zhang F Z. ω -3 polyunsaturated fatty acid and humans healthy [J]. *Preventive Medicine Tribune*, 2005, 11(1): 65—69 [蒋汉明, 张凤珍. 多不饱和脂肪酸与人类健康. 预防医学论坛, 2005, 11(1): 65—69]