

文章编号: 1674-5566(2009)03-0302-06

长江口凤鲚产卵群体肌肉及卵巢 生化组成和能量密度

刘 凯, 徐东坡, 段金荣, 张敏莹, 施炜纲

(中国水产科学研究院淡水渔业研究中心内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室, 江苏 无锡 214081)

摘 要:在长江口长兴岛水域采集性腺发育至 V 期的凤鲚雌鱼样本, 对肌肉和卵巢的生化组成及能量密度进行了测定和分析。肌肉和卵巢水分含量分别为 81.87% 和 56.76%, 粗蛋白含量分别为 15.06% 和 18.79%, 粗脂肪含量分别为 1.65% 和 20.96%, 粗灰分含量分别为 0.98% 和 2.70%, 能量密度分别为 4.447 kJ/g 和 13.861 kJ/g 必需氨基酸指数 (EAAI) 分别为 73.92 和 65.89。凤鲚肌肉不饱和脂肪酸和 ω -3 多不饱和脂肪酸含量分别为 64.40% 和 8.39%, 卵巢则为 80.64% 和 11.81%。肌肉和卵巢矿物元素含量最高的均为钾, 最低的均为铜, 肌肉中钙含量显著高于常规经济鱼类。上述结果表明凤鲚肌肉和卵巢均为理想蛋白源, 不饱和脂肪酸和矿物元素含量丰富, 同时还富含赖氨酸、支链氨基酸、EPA 和 DHA 等生理必需因子。

关键词:凤鲚; 肌肉; 卵巢; 生化组成; 能量密度; 长江口

中图分类号: S 917 文献标识码: A

Biochemical components and energy density of muscle and ovary of *Coilia mystus* in the estuary of Yangtze River

LIU Kai XU Dongpo DUAN Jin-rong ZHANG Min-ying SHI Wei-gang
(Key Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries Freshwater
Fisheries Research Center Chinese Academy of Fishery Sciences Wuxi 214081)

Abstract: Female samples of *Coilia mystus* with ovary in stage V were collected in waters of Changxing island (Shanghai, China) in the Yangtze River estuary, both biochemical components and energy density of muscle and ovary were tested and analyzed. The results showed that the contents of moisture, crude protein, crude fat, crude ash and energy density in fresh muscle were 81.87%, 15.06%, 1.65%, 0.98% and 4.447 kJ/g respectively, and the relevant indexes in ovary showed 56.76%, 18.79%, 20.96%, 2.70%, and 13.861 kJ/g. The essential amino acid indexes were 73.92 and 65.89, and contents of unsaturated fatty acid were 64.40% and 8.39%, of which ω -3 polyunsaturated fatty acid accounted for 8.39% and 11.81%. Among the mineral elements K showed the highest value and Cu showed the lowest while Ca in muscle was significantly higher than those of general economic fishes. The results indicated that both muscle and ovary were ideal protein sources which contained plenty of polyunsaturated fatty acid, mineral elements and some

收稿日期: 2008-10-29

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项项目 (2007JBFA05, 2007JBFB06, 2007JBFB07); 国家科技基础条件平台项目 (2004DKA30470)

作者简介: 刘 凯 (1980-), 男, 江苏姜堰人, 助理研究员, 硕士, 主要从事渔业生态研究, E-mail: liuk@ffro.cn

通讯作者: 施炜纲, E-mail: shiwg@ffro.cn

other essential factors such as lysine branched-chain amino acid EPA and DHA. In conclusion *Coilia mystus* is one of the super fishes with nutritive value

Key words: *Coilia mystus* muscle; ovary; biochemical component; energy density; estuary of the Yangtze River

凤鲚 (*Coilia mystus*) 隶属于鲱形目鳀科鲚属, 又称凤尾鱼、烤籽鱼、籽鲚, 为溯河洄游性鱼类, 平时栖息于近海, 繁殖季节洄游至各江河口而形成渔汛, 其中长江口渔汛最大, 历史上其捕捞量曾接近长江口鱼虾类总渔获量的 50%^[1]。20 世纪 90 年代以后凤鲚捕捞量大幅下降, 关于其资源状况和保护利用等方向的研究早已开展^[2-4], 但尚未见关于其生化组成和能量密度的报道。本研究对长江口凤鲚产卵群体肌肉和卵巢生化组成及能量密度进行了测定和分析, 以期充实鲚属鱼类营养学及能量生态学研究材料。

1 材料与方法

1.1 样本来源及处理

2008 年 6 月于上海长兴岛采集凤鲚, 选择卵巢已发育至 V 期的雌鱼样本 50 尾, 生物学平均指标为: 全长 (187±10) mm, 体长 (167±10) mm, 体重 (20±3) g。实验样本取鱼体一侧肌肉及卵巢, 分别剪碎并充分混匀。

1.2 生化组成和能量密度测定

参照常规方法^[5-8]分别测定水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量; 采用安捷伦 1100 型液相色谱仪, 按氨基酸分析方法通则^[9]测定氨基酸组成; 采用德国 IKA C-2000 型氧弹热量仪测定能量密度; 采用美国 Finnigan 公司的 Trace MS 气相色谱仪, 按有机质谱分析方法通则^[10]测定并按峰面积归一化法计算脂肪酸组成; 采用美国 Varian 公司的 SpectrAA220/220Z 型原子吸收光谱仪, 参照文献 [11-15] 的方法测定矿物元素组成。

1.3 蛋白质营养评价

根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式 (% , 干样)^[16]和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式 (% , 干样)^[17]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})^[18-19]:

$$S_{AA} = \frac{aa}{AA_{(FAO/WHO)}}, S_c = \frac{aa}{AA_{(Egg)}}, I_{EAA} = n \sqrt{\frac{100a}{ae} \times \frac{100b}{be} \times \frac{100c}{ce} \times \dots \times \frac{100i}{ie}}$$

式中, aa 为样品氨基酸含量 (%), $AA_{(FAO/WHO)}$ 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 ..., i 为必需氨基酸含量 (% , 干样), ae be ce ..., ie 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量 (% , 干样)。

1.4 数据处理

各实验均设置 3 个平行样 (对各实验的平行样分别进行统计检验, 差异均不显著), 结果表示为平均值 ± 标准差, 使用 SPSS 15.0 软件对实验数据进行统计检验。

2 结果

2.1 常规营养成分及能量密度

凤鲚肌肉水分含量较高, 鲜样粗蛋白、粗脂肪和粗灰分含量相对较低, 其组成特征与齐口裂腹鱼^[20]和黑尾近红鲌^[21]较为接近; 卵巢水分含量显著低于肌肉, 其余指标均高于肌肉, 其中粗脂肪含量差异最大。肌肉干样粗蛋白和粗脂肪含量分别为 83.07% 和 9.10%, 与花鲢^[22] (81.02% 和 12.96%)、光倒刺鲃^[23] (76.68% 和 15.87%) 和铜鱼^[24] (68.54% 和 22.76%) 相比粗蛋白含量较高而粗脂肪含量处于较低水平。凤鲚肌肉和卵巢的能量密度均较高, 相比大于丁香鱼^[25] (3.817 kJ/g) 和 3 种弹涂鱼^[26] (3.044~

4.249 kJ/g)。能量密度是衡量鱼体能量储备水平的重要指标之一,其取决于肌肉中蛋白质和脂肪等能量载体的含量,凤鲚肌肉粗蛋白和粗脂肪含量比为 9.13,卵巢则为 0.90,同时脂肪的单位能值显著高于蛋白质^[27-28],因此凤鲚卵巢的能量密度和能量蛋白比均显著高于肌肉。

表 1 凤鲚肌肉和卵巢常规成分及能量密度

Tab 1 General nutritional components in muscle and ovary of *Coilia mystus*

鲜重

样本	水分 (%)	粗蛋白 (%)	粗脂肪 (%)	粗灰分 (%)	能量密度 (kJ/g)	E/P
肌肉	81.87±0.25	15.06±0.10	1.65±0.06	0.98±0.01	4.447±0.003	29.53
卵巢	56.76±0.48	18.79±0.35	20.96±0.29	2.70±0.04	13.861±0.044	73.77

注:肌肉干重指标=鲜重指标/18.13%;卵巢干重指标=鲜重指标/43.24%

2.2 氨基酸组成

凤鲚肌肉和卵巢中 18 种水解氨基酸总量占干样的比例分别为 81.15% 和 34.06%,必需氨基酸占氨基酸总量的比例为 40.06% 和 42.89%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比例为 66.84% 和 75.12%,两者氨基酸组成均以谷氨酸含量最高而色氨酸最低,必需氨基酸中含量最高的分别为赖氨酸和亮氨酸(表 2)。FAO/WHO 规定理想蛋白源氨基酸组成 EAA/TAA 为 40% 左右, EAA/NEAA 在 60% 以上,按此标准凤鲚肌肉和卵巢均为理想蛋白源。凤鲚肌肉和卵巢鲜甘味氨基酸占氨基酸总量的比例分别为 40.58% 和 33.97%,相比高于中华倒刺鲃^[23](32.90%) 和光倒刺鲃^[23](33.09%),其中凤鲚肌肉谷氨酸含量显著高于鳊^[18](13.51%)、花鲢^[22](11.22%) 和黄斑篮子鱼^[29](9.59%),较高的呈味氨基酸含量决定了凤鲚鲜美的口感。

表 2 凤鲚肌肉和卵巢氨基酸组成

Tab 2 Amino acid composition in muscle and ovary of *Coilia mystus*

干重, g/100g

氨基酸组成	肌肉	卵巢
天冬氨酸 Asp	8.51±0.22	2.37±0.04
谷氨酸 Glu	15.06±0.36	4.07±0.08
丝氨酸 Ser	3.75±0.05	1.70±0.04
组氨酸 His	1.71±0.06	0.96±0.02
甘氨酸 Gly	3.91±0.09	1.30±0.05
苏氨酸 Thr	3.29±0.10	1.32±0.03
精氨酸 Arg	4.95±0.09	2.12±0.07
丙氨酸 Ala	5.45±0.16	3.83±0.06
酪氨酸 Tyr	2.97±0.05	1.30±0.03
胱氨酸 Cys	1.02±0.02	0.18±0.01
缬氨酸 Val	3.47±0.08	2.53±0.06
蛋氨酸 Met	3.46±0.11	1.45±0.03
苯丙氨酸 Phe	3.63±0.07	1.33±0.02
异亮氨酸 Ile	3.24±0.10	2.34±0.05
亮氨酸 Leu	7.25±0.18	3.08±0.06
赖氨酸 Lys	7.89±0.12	2.40±0.05
脯氨酸 Pro	1.31±0.02	1.62±0.02
色氨酸 Trp	0.28±0.01	0.16±0.01
总氨基酸 TAA	81.15	34.06
必需氨基酸 EAA	32.51	14.61
鲜/呈味氨基酸 DAA	32.93	11.57
EAA/TAA (%)	40.06	42.89
EAA/NEAA (%)	66.84	75.12
DAA/TAA (%)	40.58	33.97

按照 AAS 和 CS 标准,凤鲚肌肉和卵巢第一限制性氨基酸均为色氨酸,肌肉第二限制性氨基酸均为缬氨酸,卵巢则分别为苏氨酸和蛋氨酸+胱氨酸。两者必需氨基酸指数分别为 73.92 和 65.89,均高于鳊^[18](62.30)、黑尾近红鲂^[21](63.64) 和厚颌鲂^[30](61.75)。赖氨酸能促进人体发育、增强免疫功能和提高中枢神经组织功能,但谷物中的赖氨酸含量很低,且在加工过程中易被破坏,因此赖氨酸被称为人体第一限制性氨基酸。凤鲚肌肉中赖氨酸含量仅次于谷氨酸和天冬氨酸,相比显著高于鳊^[18](6.98)、

花鲈^[22] (6.56)和黄斑篮子鱼^[29] (6.43),同时肌肉和卵巢赖氨酸 AAS评分均为最高,因此摄食凤鲚有助于人体补充膳食中赖氨酸的不足。此外肌肉和卵巢中支链氨基酸(缬氨酸,亮氨酸和异亮氨酸)占氨基酸总量的比例分别达到 17.20%和 23.34%,这类氨基酸具有缓解肌肉疲劳,显著增加蛋白质合成等生理功能,因此凤鲚还可作为运动后的营养补剂。

表 3 凤鲚肌肉和卵巢必须氨基酸评价

Tab 3 Evaluation of essential amino acids composition in muscle and ovary of *Coilia mystus*

必需氨基酸	肌肉	卵巢	FAO/WHO 标准	鸡蛋 蛋白	AAS		CS	
					肌肉	卵巢	肌肉	卵巢
异亮氨酸 Ile	244	337	250	331	0.98	1.35	0.74	1.02
亮氨酸 Leu	545	442	440	534	1.24	1.00	1.02	0.83
苏氨酸 Thr	248	190	250	292	0.99	0.76	0.85	0.65
缬氨酸 Val	261	363	310	411	0.84	1.17	0.64	0.88
赖氨酸 Lys	594	345	340	441	1.75	1.01	1.35	0.78
色氨酸 Trp	21	23	60	99	0.35	0.38	0.21	0.23
蛋氨酸 Met+胱氨酸 Cys	337	235	220	386	1.53	1.07	0.87	0.61
苯丙氨酸 Phe+酪氨酸 Tyr	497	379	380	565	1.31	1.00	0.88	0.67

2.3 脂肪酸组成

凤鲚肌肉中共检测出脂肪酸 18种,其中饱和脂肪酸 7种,占脂肪酸总量的 35.60%,不饱和脂肪酸 11种,占脂肪酸总量的 64.40%;不饱和脂肪酸组成中包含单不饱和脂肪酸 5种,占脂肪酸总量的 51.96%,多不饱和脂肪酸 6种,占脂肪酸总量的 12.44%。卵巢中共计检测出脂肪酸 16种,其中饱和脂肪酸 6种,占脂肪酸总量的 19.36%,不饱和脂肪酸 10种,占脂肪酸总量的 80.64%;不饱和脂肪酸组成中包含单不饱和脂肪酸 4种,占脂肪酸总量的 58.88%,多不饱和脂肪酸 6种,占脂肪酸总量的 21.75%(表 4)。凤鲚肌肉和卵巢脂肪酸数量接近于花鲈^[22] (17种)和翘嘴红鲌^[31] (17种),大于瓣结鱼^[32] (14种)、中华倒刺鲃^[23] (13种)和光倒刺鲃^[23] (13种)。两者不饱和脂肪酸总量均显著高于饱和脂肪酸总量,比值分别为 1.81和 4.17,不饱和脂肪酸中单不饱和脂肪酸含量均显著高于多不饱和脂肪酸含量,比值分别为 4.18和 2.71。脂肪酸组成中含量最高的均为油酸($C_{18}H_{34}O_2$),分别占脂肪酸总量的 35.61%和 40.39%,油酸能降低人体低密度脂蛋白胆固醇(LDL)含量而且不降低对人体有益的高密度脂蛋白胆固醇(HDL)水平,可以有效预防动脉硬化;凤鲚肌肉和卵巢中亚油酸和亚麻酸总量为 1.22%和 2.75%,这两种必需脂肪酸能降低血液中胆固醇浓度,抑制脂肪沉积,预防血栓,同时亚麻酸还能迅速消除人体内自由基,提高抗衰酶的活力,显著延缓人体衰老。此外 $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸含量分别为 8.39%和 11.81%,显著高于中华倒刺鲃^[23] (3.95%)、光倒刺鲃^[23] (3.72)和齐口裂腹鱼^[20] (2.45), $\omega-3$ 多不饱和脂肪酸是人类自身不能合成而必须从食物中摄取的必需脂肪酸,具有降低血浆中甘油三酯,预防心脑血管病的功效,DHA更是人类大脑和视觉组织发育所必需的脂肪酸。综上所述,凤鲚肌肉和卵巢中具有生理活性的不饱和脂肪酸及必需脂肪酸含量均较高,且卵巢的脂肪酸组成结构更优于肌肉。

2.4 矿物元素组成

凤鲚肌肉和卵巢中常量元素含量最高的均为钾,最低的均为镁;微量元素含量最高的分别为锌和铁,最低的均为铜(表 5)。肌肉常量元素含量显著高于卵巢,各元素的相应比值为 1.55~22.73,其中钙含量的差异最为显著;微量元素的差异相对较小,各元素的相应比值为 0.74~2.26,其中铁含量的差异最为显著。肌肉和卵巢的钙磷比分别为 3.68和 0.29,锌铜比分别为 37.64和 33.68,锌铁比分别为 0.83和 2.29。凤鲚肌肉和卵巢每千克鲜样中 9种元素总量分别为 5.81 g和 4.01 g,钾、钠和钙 3种常量元素总量分别为 5.17 g和 3.38 g,肌肉中 3种元素含量显著高于鲫(3.47 g)^[33]、鳊(3.40 g)^[33]和鲤

(3.32 g)^[33]。同时凤鲚肌肉钙含量丰富,鲜样中钙含量为上述3种鱼类的3.76~5.64倍,每百克干样钙含量高达750 mg显著高于光倒刺鲃(286 mg)^[23]、南美鲱(75 mg)^[34]和斑驳尖塘鳢(31 mg)^[19],因此凤鲚是良好的补钙食品。

表4 凤鲚肌肉和卵巢脂肪酸组成

Tab. 4 Fatty acids composition in muscle and ovary of *Coilia mystus*

%

脂肪酸组成	肌肉	卵巢
C ₁₂ : 0	0.88±0.03	0.50±0.04
C ₁₄ : 0	4.24±0.23	5.92±0.19
C ₁₅ : 0	0.59±0.10	0.23±0.01
C ₁₆ : 0	25.28±0.75	9.65±0.26
C ₁₆ : 1	9.02±0.32	16.01±0.42
C ₁₆ : 2	—	4.95±0.17
C ₁₆ : 3	1.22±0.05	—
C ₁₇ : 0	0.65±0.02	—
C ₁₇ : 1	1.47±0.08	—
C ₁₈ : 0	3.69±0.10	2.64±0.07
C ₁₈ : 1	35.61±0.56	40.39±0.66
C ₁₈ : 2	0.81±0.03	1.56±0.05
C ₁₈ : 3	0.41±0.01	1.19±0.02
C ₂₀ : 0	0.27±0.02	0.42±0.01
C ₂₀ : 1	2.85±0.18	1.98±0.03
C ₂₀ : 4	1.61±0.12	2.24±0.02
C ₂₀ : 5 (EPA)	4.44±0.11	6.97±0.11
C ₂₂ : 1	3.01±0.08	0.50±0.01
C ₂₂ : 6 (DHA)	3.95±0.07	4.84±0.08
∑ SFA	35.60	19.36
∑ UFA	64.40	80.64
∑ MUFA	51.96	58.88
∑ PUFA	12.44	21.75

表5 凤鲚肌肉和卵巢矿物元素组成

Tab. 5 Contents of mineral elements in muscle and ovary of *Coilia mystus*

干重, mg/100g

矿物元素	肌肉	卵巢
钾 K	1737±20.54	514±2.79
钙 Ca	750±7.48	33±1.02
钠 Na	363±3.19	234±2.27
镁 Mg	138±1.83	22±0.39
磷 P	204±2.22	114±0.88
锌 Zn	5.27±0.18	6.40±0.11
铁 Fe	6.34±0.06	2.80±0.04
铜 Cu	0.14±0.01	0.19±0.01
锰 Mn	0.46±0.02	0.22±0.01

3 结语

凤鲚肌肉属于高蛋白低脂肪的高钙食品,且蛋白质质量较高,DHA和EPA及矿物元素含量也显著高于常规鱼类,符合现代营养学标准;卵巢脂肪含量偏高,但脂肪酸组成中对人体健康有益的不饱和脂肪酸及多不饱和脂肪酸含量均较高,具有生理活性的必需脂肪酸也显著高于肌肉。因此,从营养学角度分析凤鲚是具有较高营养价值的优质鱼类。

参考文献:

- [1] 张国祥, 华家栋. 长江口凤鲚资源的变动及其最大持续产量的估算 [J]. 水产科技情报, 1990, 17(5): 130—134.
- [2] 施伟纲, 王博. 长江河口区凤鲚的资源现状 [J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 648—653.
- [3] 倪勇. 长江口区凤鲚的渔业及其资源保护 [J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 75—77.
- [4] 刘凯, 张敏莹, 徐东坡, 等. 长江口凤鲚资源变动及最大持续产量研究 [J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(4): 298—303.
- [5] GB6435—1986, 《饲料水分的测定方法》[S].
- [6] GB6432—1986, 《饲料粗蛋白测定方法》[S].
- [7] GB6433—1986, 《饲料粗脂肪测定方法》[S].
- [8] GB6438—1986, 《饲料粗灰分测定方法》[S].
- [9] JY/T 019—1996, 《氨基酸分析方法通则》[S].
- [10] JY/T 003—1996, 《有机质谱分析方法通则》[S].
- [11] GB12396—1990, 《食物中铁、镁、锰的测定方法》[S].
- [12] GB12397—1990, 《食物中钾、钠的测定方法》[S].
- [13] GB12398—1990, 《食物中钙的测定方法》[S].
- [14] GB/T5009.13—1996, 《食品中铜的测定方法》[S].
- [15] GB/T5009.14—1996, 《食品中锌的测定方法》[S].
- [16] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo, The United National University Publishing Company, 1980, 26—29.
- [17] 桥本芳郎. 养鱼饲料学 [M]. 蔡完其, 译. 北京: 农业出版社, 1980, 114—115.
- [18] 梁银铃, 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.
- [19] 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.
- [20] 周兴华, 郑曙明, 吴青, 等. 齐口裂腹鱼肌肉营养成分的分析 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(1): 20—24.
- [21] 谭德清, 王剑伟, 但胜国. 黑尾近红鲷含肉率及肌肉营养成分分析 [J]. 水生生物学报, 2004, 28(3): 240—246.
- [22] 顾若波, 闻海波, 徐钢春. 花鱼骨的肌肉营养成分与品质评价 [J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(4): 378—382.
- [23] 邴旭文. 中华倒刺鲃和光倒刺鲃肌肉营养品质的比较 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(3): 233—237.
- [24] 刘凯, 徐东坡, 段金荣, 等. 长江下游江段铜鱼肌肉营养成分分析 [J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(3): 56—60.
- [25] 王军, 苏永全, 庄向生, 等. 福建沿海丁香鱼的生化成份及能值分析 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 1997, 36(6): 963—966.
- [26] 王军, 苏永全. 三种弹涂鱼的生化组成及能值分析 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 1994, 33(1): 96—99.
- [27] Brett J R, Groves T D D. Physiological energetics [J]. Fish Physiology, 1979, 8: 279—352.
- [28] Gnaiger E, Bitterlich G. Proximate biochemical composition and caloric content calculated from elemental CHN analysis as stoichiometric concept [J]. Oecologia, 1984, 62: 289—298.
- [29] 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.
- [30] 谭德清, 王剑伟, 但胜国, 等. 厚颌鲂含肉率及生化成分的分析 [J]. 水生生物学报, 2004, 28(1): 17—22.
- [31] 尹洪滨, 尹家胜, 徐伟, 等. 兴凯湖翘嘴红鲌肌肉营养成分分析 [J]. 中国水产科学, 2003, 10(1): 82—84.
- [32] 代应贵, 范家佑, 王晓辉. 瓣结鱼肌肉营养成分分析 [J]. 营养学报, 2006, 28(4): 361—363.
- [33] 郭叶华, 聂湘平, 魏泰莉, 等. 鲤鱼等五种鱼肌肉中的无机元素 [J]. 珠江水产, 1998, (4): 4—6.
- [34] 陈琴, 黄钧, 唐章生, 等. 南美鲱鱼的含肉率及肌肉营养评价 [J]. 动物学杂志, 2002, 37(1): 53—57.