

DOI:10.3969/j.issn.1000-7083.2011.04.016

广东韩江不同年龄鲮鱼鱼体化学组成的研究

林小植¹, 林鸿生¹, 李冬梅¹, 罗毅平², 查广才¹

(1. 韩山师范学院, 广东潮州 521041; 2. 西南大学生命科学学院, 淡水生物生殖与发育教育部重点实验室, 重庆 400715)

摘要:为探讨韩江下游潮州江段野生鲮鱼 *Cirrhina molitorella* 鱼体化学组成随生长变化的规律, 2010 年 6 月于韩江下游潮州江段采集鲮鱼 22 尾, 年龄 0~3 龄, 分为 4 个年龄组, 其体长 102~201 mm, 体重(W) 24.19~228.17 g, 分别测定了鱼体化学组成, 估算其能量密度。结果表明, 鲮鱼含水量(WAT)、蛋白质含量(PRO)、脂肪含量(FAT)和灰分含量占鲜重百分比分别为 72.79%~75.54%、12.99%~17.06%、8.18%~12.88% 和 2.35%~3.38%, 能量密度(E) 为 5.03~7.36 kJ/g; 蛋白质含量、脂肪含量和能量密度随年龄增加均呈增加的趋势, 含水量呈下降趋势, 各组灰分含量无显著差异; 年龄与蛋白质含量、脂肪含量和能量密度呈显著的正线性关系, 而与含水量呈负线性关系; 含水量与蛋白质含量、脂肪含量和能量密度呈显著的负线性关系。提示可以用鲮鱼的含水量及体长估计其蛋白质含量、脂肪含量和能量密度。

关键词: 鲮鱼; 年龄; 化学组成; 含水量; 能量密度

中图分类号: Q959.4; Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7083(2011)04-0564-05

The Chemical Composition and Energy Density in *Cirrhina molitorella* with Different Age in the Lower Reaches of Hanjiang River

LIN Xiao-zhi¹, LIN Hong-sheng¹, LI Dong-mei¹, LUO Yi-ping², ZHA Guang-cai¹

(1. Hanshan Normal University, Chaozhou, Guangdong Province 521041, China; 2. School of Life Science, Southwest University, Key Laboratory of Aquatic Organism Reproduction and Development, Ministry of Education, Chongqing 400715, China)

Abstract: To observe the variation of chemical composition of *Cirrhina molitorella*, 22 specimens with a body length (L) of 102~201 mm, body weight (W) of 24.19~228.17 g and age from 0~3 year were collected from the lower reaches of Hanjiang River in June, 2010, and divided into 4 groups according to the age. Chemical compositions are measured and energy density is estimated. The results showed that the contents of water (WAT), protein (PRO), lipid (FAT) and ash (represented by percentage of them in fresh body weight of fish, respectively) ranged 72.79%~75.54%, 12.99%~17.06%, 8.18%~12.88%, and 2.35%~3.38%, respectively. The energy density (E) ranged 5.03~7.36 kJ/g. With the increase of age, body PRO, FAT and E increased, while WAT decreased. The content of ash varies erratically. PRO, FAT and E are all positively correlated with age, while WAT is negatively correlated with L. The contents of PRO, FAT and E are all negatively correlated with the content of WAT. The results suggest that the contents of PRO, FAT and E of *C. molitorella* can be estimated by the content of water or body length.

Key words: *Cirrhina molitorella*; age; chemical composition; water content; energy density

鲮鱼 *Cirrhina molitorella* 属鲤形目鲤科野鲮亚科鲮属, 是华南重要经济鱼类之一, 其产量约占珠江流域淡水渔业产量的三分之一。因其肉质细嫩、味鲜美、产量高、价格适中等特点而畅销水产市场, 也是驰名中外的加工淡水鱼类。其繁殖生物学、病害防治、养殖饲料和产品加工的研究国内有较多报道(毛永庆等, 1985; 林应胜, 2001; 殷帅文等, 2003; 王方华等, 2008), 对该鱼的鱼体化学组成与个体大小、

年龄关系的研究未见报道。

鱼体的化学组成及能量密度是鱼类营养学、生理学研究的重要内容之一(Halver & Hardy, 2002)。它是衡量鱼类身体能量储备水平、评价鱼类营养及生长状况的重要生物学指标, 同时也为研究水体生态系统的能流过程提供重要的基础资料(Fuentes *et al.*, 2009; Higgs *et al.*, 2009)。有研究探讨了营养状况、水温、季节、繁殖活动、洄游、鱼体大小和生长时

收稿日期: 2010-10-07 接受日期: 2010-12-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31000958); 韩山师范学院青年项目(LQ200904); 潮州市 2010 年科技引导计划项目(2010N12)

作者简介: 林小植(1980~), 男, 博士, 副教授, 主要从事鱼类营养生理及生态学研究, E-mail: xiaozhilinok@sina.com

期等对鱼体化学组成和能量密度的影响(刘家寿等, 2000; 王军辉, 谢小军, 2003; López *et al.*, 2009)。随着鱼类生长发育, 鱼体对各器官功能及相关代谢底物需求状况应当是不同的, 而蛋白质和脂肪是鱼类的主要能源底物, 这些化学组成可能随生长过程而产生适应性变化, 但这方面的研究资料尚较缺乏。本研究以韩江下游江段野生鲮鱼为对象, 探讨该种鱼的化学组成和能量密度与年龄、个体大小之间的关系, 旨在为该种鱼的营养组成及能量生态学研究提供基础资料, 为生产实践提供理论依据, 丰富我国淡水鱼类营养能量学的研究。

1 材料和方法

1.1 实验鱼采集、年龄鉴定及测定方法

2010 年 6 月于韩江下游潮州江段随机采集鲮鱼 22 尾, 测定鱼体常规生物学指标, 体长精确到 1 mm, 体重精确到 0.01 g。取每尾鱼第 3~8 枚脊椎骨作为年龄鉴定的材料, 脊椎骨用沸水煮 3~5 min, 软毛刷除去其上附着的肌肉和结缔组织, 晾干后用于年龄鉴定。用双筒解剖镜观察, 记录年龄, 按年龄(y)分为 0、1、2、3 龄 4 个组, 然后进行鱼体化学组分测定分析。各组平行样品数分别为 6、6、6 和 4。在 70℃ 下烘至恒重, 求得其含水量(WAT, 以其占鲜重的百分比表示), 然后研磨成细末, 放入小瓶中, 保存于 -20℃ 下待测。

采用国标 GB/T 5009.5-2003 凯氏定氮法测定样品的蛋白质含量, 采用国标 GB/T 5009.6-2003 索氏提取法(乙醚为提取液)测定脂肪含量, 采用马福炉焚烧法测定其灰分含量。脂肪含量(FAT)、蛋白质含量(PRO)和灰分含量均以其占鲜重的百分比表示, 鱼体能量密度(E)采用 Brett 和 Groves(1979)的公式推算。

1.2 数据处理方法

采用 Excel 2003 软件对实验数据进行初步分析, 实验结果用平均数 ± 标准误(Mean ± SE)表示; 采用 Statistica 6.0 进行单因素方差分析(ANOVA)、多重比较(Fisher-LSD 法)、相关性和回归分析, 差异显著性水平为 $P < 0.05$ 。用 Pauly 的 t 检验法检验体长与体重回归方程的幂指数“b”与“3”之间的差异, 检验公式为:

$$t = \frac{SD(L)}{SD(W)} \times \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} \times \sqrt{n - 2}$$

式中 $SD(L)$ 、 $SD(W)$ 分别为体长、体重对数值

的标准差, n 、 r 分别为标本数和相关系数。

2 结果

2.1 年龄与体长、体重的关系

各组鲮鱼体长、体重均随着年龄的增加而增加, 年龄组 0、1、2 和 3 的体长平均值分别为 119.6、135.0、164.3 和 187.5 mm, 体重平均值分别为 39.52、57.57、115.06 和 167.69 g(表), 且鲮鱼的年龄与体长、体重均存在显著的正线性相关关系。以年龄为自变量, 分别以体长和体重为因变量, 得回归方程分别为: $L = 11.67 + 2.32y$ ($r = 0.79, P < 0.01$); $W = 29.21 + 43.36y$ ($r = 0.75, P < 0.01$)(图 1、2)。以体长(L)为自变量, 体重(W)为因变量, 采用公式 $W = a \cdot L^b$ 进行回归运算(Von, 1938), 结果为: $W = 1.43 \times 10^{-4} L^{2.65}$ ($r = 0.99, P < 0.01$)(图 3), 但体长与体重相关的幂指数与“3”没有显著差异($t = 1.96 < t_{0.05} = 2.08$)。

2.2 鱼体化学组成、能量密度的变化

各年龄组 0、1、2 和 3 龄的含水量平均值分别为 75.47%、75.47%、73.77% 和 73.50%; 蛋白质含量平均值分别为 14.75%、15.15%、16.51% 和 17.40%; 脂肪含量的平均值分别为 3.93%、4.27%、6.11% 和 8.25%; 灰分含量的平均值分别为 4.6%、4.37%、4.64% 和 4.39%; 能量密度平均值分别为 5.03、5.26、6.31 和 7.36 kJ/g。其中, 含水量随年龄的增加而降低($P < 0.05$); 蛋白质含量、脂肪含量和能量密度随年龄的增加而增加($P < 0.05$); 灰分含量各组间无显著差异($P > 0.05$)(表)。

2.3 年龄与鱼体化学组成、能量密度的关系

鲮鱼的年龄与含水量、蛋白质含量、脂肪含量和能量密度均存在显著的相关关系($P < 0.05$)。以年龄为自变量, 分别以含水量、蛋白质含量、脂肪含量和能量密度为因变量, 进行线性回归, 得方程: $WAT = 75.70 - 0.77y$ ($r = -0.73, P < 0.01, n = 22$)(图 4); $PRO = 14.56 + 0.92y$ ($r = 0.70, P < 0.01, n = 22$)(图 5); $FAT = 3.46 + 1.43y$ ($r = 0.76, P < 0.01, n = 22$)(图 6); $E = 4.80 + 0.78y$ ($r = 0.76, P < 0.01, n = 22$)(图 7); 但年龄与灰分含量无显著的相关关系($P > 0.05$)。

2.4 体长与鱼体化学组成、能量密度的关系

体长与含水量、蛋白质含量、脂肪含量和能量密度均存在显著的相关关系($P < 0.05$)。以体长为自变量, 分别以含水量、蛋白质含量、脂肪含量和能量

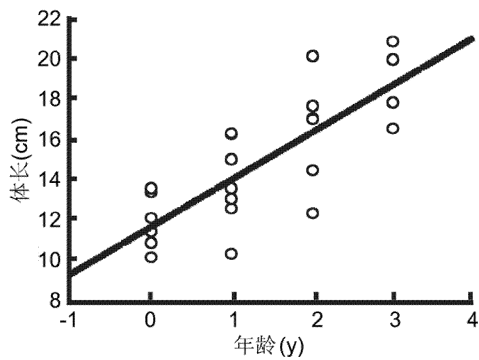


图 1 鲮鱼年龄与体长的关系
Fig. 1 Relationship between the year and the body length of *Cirrhina molitorella*

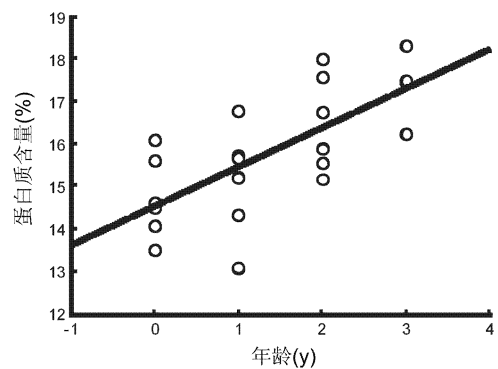


图 5 鲮鱼年龄与鱼体蛋白质含量的关系
Fig. 5 Relationship between the year and the content of protein in *Cirrhina molitorella*

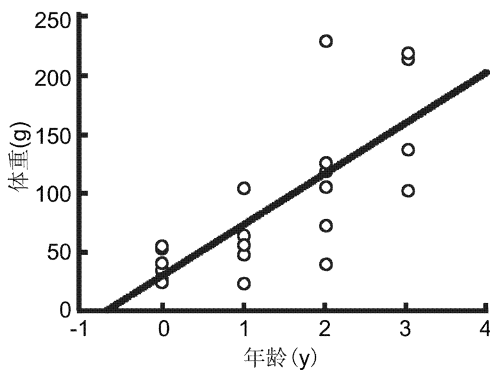


图 2 鲮鱼年龄与体重的关系
Fig. 2 Relationship between the year and the body weight of *Cirrhina molitorella*

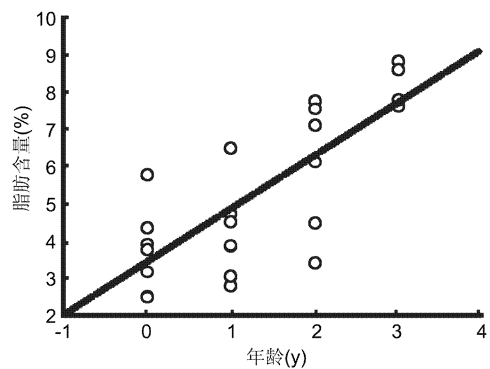


图 6 鲮鱼年龄与鱼体脂肪含量的关系
Fig. 6 Relationship between the year and the content of fat in *Cirrhina molitorella*

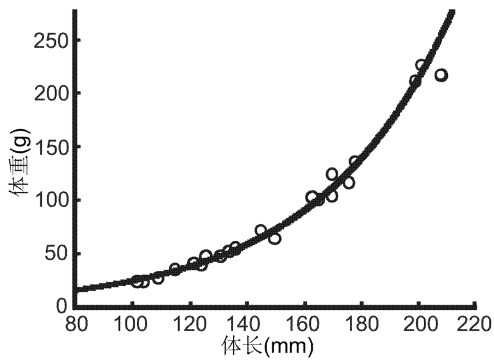


图 3 鲮鱼体长与体重的关系
Fig. 3 Relationship between the body length and the body weight of *Cirrhina molitorella*

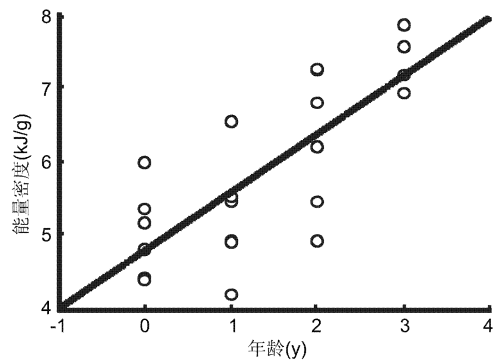


图 7 鲮鱼年龄与鱼体能量密度的关系
Fig. 7 Relationship between the year and energy density of *Cirrhina molitorella*

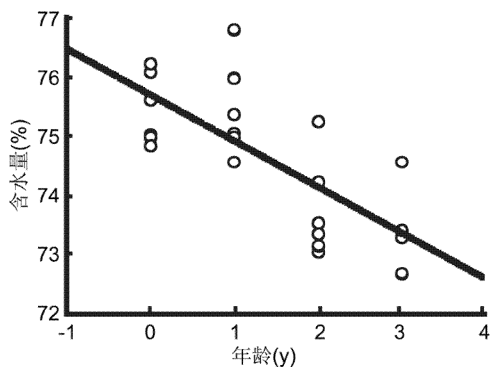


图 4 鲮鱼年龄与鱼体含水量的关系
Fig. 4 Relationship between the year and the content of water in *Cirrhina molitorella*

密度为因变量,进行线性回归,得方程: $WAT = 79.53 - 0.03L$ ($r = -0.90, P < 0.01, n = 22$); $PRO = 9.64 + 0.04L$ ($r = 0.92, P < 0.01, n = 22$); $FAT = -3.52 + 0.06L$ ($r = 0.76, P < 0.01, n = 22$); $E = 0.88 + 0.039L$ ($r = 0.96, P < 0.01, n = 22$);但体长与灰分含量无显著的相关关系 ($P > 0.05$)。

2.5 含水量与其他化学组成和能量密度的关系

含水量与蛋白质含量、脂肪含量和能量密度均存在显著的相关关系 ($P < 0.05$)。以含水量为自变

表 鲮鱼的化学组成和能量密度
Table Biochemical composition and energy density in *Cirrhina molitorella*

年龄(y)	0	1	2	3
样本数(n)	6	6	6	4
体长(mm)	119.6 ± 8.4 ^a	135.0 ± 8.4 ^a	164.3 ± 8.4 ^b	187.5 ± 10.3 ^b
体重(g)	39.52 ± 17.91 ^a	57.57 ± 17.91 ^a	115.06 ± 17.91 ^b	167.69 ± 21.94 ^b
蛋白质含量(%)	14.75 ± 0.45 ^a	15.15 ± 0.45 ^a	16.51 ± 0.45 ^b	17.40 ± 0.47 ^b
脂肪含量(%)	3.93 ± 0.55 ^a	4.27 ± 0.55 ^a	6.11 ± 0.55 ^b	8.25 ± 0.67 ^c
含水量(%)	75.47 ± 0.31 ^b	75.47 ± 0.31 ^b	73.77 ± 0.31 ^a	73.50 ± 0.37 ^a
灰分含量(%)	4.66 ± 0.23	4.37 ± 0.23	4.64 ± 0.25	4.39 ± 0.25
能量密度(kJ/g)	5.03 ± 0.30 ^a	5.26 ± 0.30 ^a	6.31 ± 0.30 ^b	7.36 ± 0.37 ^c

注:同一行中带不同上标字母的表示差异显著($P < 0.05$)

量,分别以脂肪含量和能量密度为因变量,进行线性回归,得方程: $FAT = 115.32 - 1.47WAT$ ($r = -0.83$, $P < 0.01$, $n = 22$); $PRO = 96.75 - 1.08WAT$ ($r = -0.87$, $P < 0.01$, $n = 22$); $E = 68.39 - 0.84WAT$ ($r = -0.87$, $P < 0.01$, $n = 22$);含水量与灰分含量的相关性均不明显($P > 0.05$)。

3 讨论

鱼类体长和体重(L-W)关系是鱼类生物学研究中经常涉及的主要内容之一(Von, 1938; 黄真理, 常剑波, 1999),通常描述为 $W = a \cdot L^b$ 。其中 a 表示单位体长的鱼体体重, b 值反映鱼类生长生理学方面的特殊性。 b 等于 3 表示等速生长,即在生长过程中体形和比重保持不变, b 值大于或小于 3 则表示异速生长(Ricker, 1975)。在本研究中,鲮鱼的 b 值为 2.65,与“3”进行 Pauly 的 t 检验无显著差异($P > 0.05$),表明鲮鱼为等速生长。多数鱼类的指数 b 值通常为 2.37 ~ 3.07(吴斌等, 2008),本研究结果在其范围之内。

随着鱼类的生长发育,鱼体对各器官功能及相关代谢底物需求状况是不同的,特别是随着鱼类性腺发育,鱼体会将多余能量物质转化为脂肪储备,进而为性腺发育提供能源物质(Rajasilta, 1992);另外,饵料来源的季节性变动以及有洄游习性鱼类,在洄游前及饵料缺乏季节会将食物转化为脂肪物质累积起来(Slotte, 1999; 吴斌等, 2008)。本研究以年龄为分组依据,结果发现鲮鱼在 0 ~ 3 龄间,随着年龄的增加其鱼体蛋白质、脂肪和能量密度均显著增高($P < 0.05$);从公式中的 b 值我们可以发现,脂肪的累积速率($b = 1.43$)远高于蛋白质($b = 0.92$)累积速率,表明随着年龄的增加,鲮鱼的脂肪储备逐渐加强。沈美芳等(2000)对养殖暗纹东方鲀鱼体生化组

成的研究发现:2 龄鱼的粗蛋白含量低于 1 龄鱼,而粗脂肪含量则明显高于 1 龄鱼。钱云霞和杨文鸽(2002)对养殖鲈鱼生化组成的研究发现,1 ~ 3 龄养殖鲈鱼鱼体蛋白质和脂肪含量无显著差异,但蛋白质总体趋势随着年龄的增加而降低,而脂肪含量则逐渐增高。本研究中,野生鲮鱼鱼体组分中,蛋白质和脂肪含量均随着年龄增加而增高,其中脂肪含量随着年龄增加而增加,与已有研究结果一致;但已有研究中,两种养殖鱼类的蛋白质含量变化则是随着养殖年龄的增加逐渐降低或者无显著差异,这是否与养殖或野生有关,其原因有待进一步研究。

有研究表明,鱼体的干物质含量(100 - 鱼体含水量%)、脂肪含量和能值会随体重或体长的增加而增加,蛋白质和灰分与鱼体重或体长之间的关系则不确定,不同鱼类其变化不同(陈少莲, 1992; 刘家寿等, 2000; 罗毅平, 陈谊谊, 2009)。本研究中,鲮鱼鱼体蛋白质含量随着体长的增加而显著增加,这与许多有关野生淡水鱼类鱼体组分的研究结果一致(Marais & Venter, 1991; 刘家寿等, 2000; 吴斌等, 2008)。

在鱼类营养能量学研究中,常需要测定鱼体的生化组成和能值,有研究发现鱼体含水量通常与蛋白质含量、脂肪含量及能量密度均存在显著的负线性关系,并提出可以采用鱼体含水量预测能量密度(谢小军, 孙儒泳, 1990; Jonsson & Jonsson, 1998; 吴斌等, 2008)。因此建议用鱼体的含水量间接估测这些指标,从而省略直接测定的工作。本研究中含水量与蛋白质含量、脂肪含量和能量密度均存在显著的负线性关系($P < 0.01$),同时鲮鱼体长与蛋白质含量、脂肪含量和能量密度也存在显著的正线性关系($P < 0.01$)。提示鲮鱼的含水量和体长均可以用来预测鱼体蛋白质含量、脂肪含量及其能量密度,但

不能估算灰分的含量。

4 参考文献

- 陈少莲. 1992. 我国淡水优质草食性鱼类的营养和能学研究 I—草鱼、团头鲂、长春鳊的生化成分和能值[J]. 海洋与湖沼, 23(2): 193 ~ 205.
- 黄真理, 常剑波. 1999. 鱼类体长与体重关系中的分形特征[J]. 水生生物学报, 23(4): 330 ~ 335.
- 林应胜. 2001. 鲢鱼罐头中霉菌的耐热性及产生毒素的探讨[J]. 食品科学, 22(10): 74 ~ 75.
- 刘家寿, 崔奕波, 杨云霞. 2000. 体重和摄食水平对鳊和乌鳢身体的化学组成和能值的影响[J]. 水生生物学报, 24(1): 19 ~ 23.
- 罗毅平, 陈谊滨. 2009. 不同大小黑尾鲮鱼体的化学组成及能量密度[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 26(3): 12 ~ 16.
- 毛永庆, 蔡发盛, 林鼎. 1985. 鲢鱼最适生长的营养素需要量研究[J]. 水生生物学集刊, 9(3): 213 ~ 223.
- 钱云霞, 杨文鸽. 2002. 不同龄期养殖鲈鱼的生化组成[J]. 宁波大学学报(理工版), 15(1): 202 ~ 206.
- 沈美芳, 吴光红, 殷悦, 等. 2000. 塘养一龄与二龄暗纹东方鲀鱼体的生化组成[J]. 水产学报, 24(5): 432 ~ 437.
- 王方华, 邹为民, 李安兴. 2008. 广东贺江水域野生鲮鱼体表寄生虫典型海湾水虱的种群动态[J]. 动物学报, 54(3): 407 ~ 715.
- 王军辉, 谢小军. 2003. 瓦氏黄颡鱼不同季节鱼体的化学组成及能量密度预测模型[J]. 生态学报, 23(1): 122 ~ 129.
- 吴斌, 罗毅平, 谢小军. 2008. 圆口铜鱼幼鱼鱼体的化学组成及能量密度[J]. 西南大学学报(自然科学版), 30(10): 62 ~ 67.
- 谢小军, 孙儒泳. 1990. 南方鲂幼鱼鱼体的含能量及生化组成[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), (3): 83 ~ 88.
- 殷帅文, 林学群, 陈洁辉. 2003. 限食处理后鲢鱼摄食率和饲料转化率的变化[J]. 淡水渔业, 33(2): 6 ~ 7.
- Brett JR, Groves TDD. 1979. Physiological energetics in "Fishphysiology" [M]. New York: Academic Press, 8: 279 ~ 352.
- Fuentes A, Ferndez-Segovia I, Escriche I, et al. 2009. Comparison of physico-chemical parameters and composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lmk.) from different Spanish origins[J]. Food Chemistry, 112: 295 ~ 302.
- Halver JE, Hardy RW. 2002. Fish Nutrition (Third Edition) [M]. Elsevier Inc: 5 ~ 30.
- Higgs DA, Sutton JN, Kim H, et al. 2009. Influence of dietary concentrations of protein, lipid and carbohydrate on growth, protein and energy utilization, body composition, and plasma titres of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in non-transgenic and growth hormone transgenic coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum)[J]. Aquaculture, 286: 127 ~ 137.
- Jonsson N, Jonsson B. 1998. Body composition and energy allocation in life-history stages of brown trout[J]. J Fish Biol, 53: 1306 ~ 1316.
- López LM, Durazo E, Viana MT, et al. 2009. Effect of dietary lipid levels on performance, body composition and fatty acid profile of juvenile white seabass, *Atractoscion nobilis*[J]. Aquaculture, 289: 101 ~ 105.
- Marais JFK, Venter DJL. 1991. Changes in body composition associated with growth and reproduction in *Galeichthys feliceps* (Teleostei: Ariidae)[J]. South African Journal of Marine Science, 10: 149 ~ 157.
- Rajasilta M. 1992. Relationships between food, fat, sexual maturation, and spawning time of Baltic herring (*Clupea harengus menmbra*) in the Archipelago Sea[J]. Can J Fish Aquat Sci, 49(4): 644 ~ 654.
- Ricker WE. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 191: 1 ~ 382.
- Slotte A. 1999. Differential utilization of energy during wintering and spawning migration in Norwegian-spring spawning herring[J]. J Fish Biol, 54(2): 338 ~ 355.
- Von BL. 1938. Aquantitative theory of organic growth[J]. Hum Biol, 10: 181 ~ 213.
-
- (上接第 563 页)
- Teletchea F, Gardeur J N, Psenicka M, et al. 2009. Effects of four factors on the quality of male reproductive cycle in pikeperch *Sander lucio-perca*[J]. Aquaculture, 291(3-4): 217 ~ 223.
- Wingfield JC, Farner DS. 1978. The endocrinology of a naturally breeding population of the white-crowned sparrow (*Zonotrichia leucophrys pugetensis*)[J]. Physiol Zool, 51: 188 ~ 205.
- Wingfield JC, Hahn TP, Wada M, et al. 1996. Interrelationship of day length and temperature on the control of gonadal development, body mass, and fat score in white-crowned sparrows, *Zonotrichia leucophrys gambelii*[J]. General and Comparative Endocrinology, 101(3): 242 ~ 255.
- Witter MS, Cuthill IC. 1993. The ecological costs of avian fat storage[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 340(1291): 73 ~ 92.