

研究简报

大鲵肌肉及其天然饵料营养成分的比较研究*

STUDY ON NUTRIENT COMPOSITION IN MUSCLE AND ITS NATURAL DIETS OF THE GIANT SALAMANDER

杨代勤

(湖北农学院, 荆州)

Yang Daiqin

(Hubei Agricultural College, Jingzhou)

关键词 大鲵, 肌肉, 天然饵料, 营养成分

KEYWORDS giant salamander, muscle, natural diet, nutrient composition

大鲵 *Megalobatrachus davidianus* (Blanchard), 俗名娃娃鱼, 是我国现存的唯一一种大型两栖动物, 并被列为我国的第二类保护动物。其肉质细嫩、鲜美, 并有较高的药用价值, 是特种水产品养殖的良好品种。但长期以来, 国内外对大鲵的研究, 多集中在外部形态观察、系统解剖分析、生态及资源调查^[2, 3, 4, 6], 未进行过营养方面的研究, 而要保护并利用大鲵资源, 进行人工养殖, 对大鲵及其天然饵料营养方面的了解是不可缺少的, 因此开展大鲵肌肉及其天然饵料营养成分比较研究, 对保护和利用大鲵资源具有一定的意义。

本研究主要是了解大鲵及其天然饵料的营养价值, 为今后的人工养殖, 配制人工配合饲料提供科学依据。

材料及方法

试验所用大鲵均采自鄂西宣恩县, 共 15 尾, 体重 300—2300 克, 3 雌 12 雄。测量大鲵体重、体长后, 去皮, 将脊椎两侧肌肉切成 2—3cm 肉片, 大个体分别取其偶数或奇数段, 小个体全取, 剪碎, 在 100—105°C 恒温烘箱中烘干, 用微型粉碎机粉碎, 保存于干燥器中备分析用。

大鲵的主要天然饵料, 经解剖分析确定之后, 在其经常出没的地区——宣恩县西水河系进行收集, 以活运或冷冻方法带回室内, 按常规方法进行处理。

水分测定用烘干法(100—105°C), 脂肪用索氏抽提法, 蛋白质用微量凯氏定氮法, 灰分用马福炉灼烧法, 无氮浸出物用减量法, 磷用钼兰比色法, 钙、铁用日本岛津原子吸光光度计 A—650 型测定, 水解氨基酸用盐酸水解法, 用日立 835—50 型氨基酸自动分析仪测定。

* 本文承业师杨干荣教授、王辉副教授审阅, 在实验过程中得到了汤红生、朱承山、陈芳同志的大力帮助, 在此一并致谢。

收稿年月: 1989 年 10 月; 1990 年 1 月修改。

测定的氨基酸以1973年WHO/FAO必需氨基酸评分模式^[10]及鸡蛋蛋白模式^[6]进行比较,按下式计算必需氨基酸指数(EAAI)^[7,9]。

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{Lys^t}{Lys^s} \times 100 \times \frac{Leu^t}{Leu^s} \times 100 \times \dots \times \frac{Phe^t}{Phe^s} \times 100}$$

n——比较的氨基酸

t——试验蛋白质

s——鸡蛋蛋白质

系统聚类分析是用最短距离法,在计算机上进行。

结果与讨论

一、不同体重大鲵肌肉营养成分的变化

不同体重体长大鲵的营养成分见表1。从表1可以看出,不同体重体长大鲵的营养成分,都是以水分含量最高,其次为蛋白质、脂肪、灰分,糖的含量最低;三种无机营养元素中以钙的含量最高,其次为磷、铁。

表1 大鲵肌肉的营养成分(%)

Table 1 Nutrient composition in muscle of giant salamander (%)

| 编号 | 体长 (cm) | 体重 (g) | 水分 | 蛋白质 | | 脂肪 | | 无氮浸出物 | | 灰分 | | 钙 (ppm) | 磷 (ppm) | 铁 (ppm) |
|----|------------|-----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------------|------------|------------|
| | | | | 鲜物质 | 干物质 | 鲜物质 | 干物质 | 鲜物质 | 干物质 | 鲜物质 | 干物质 | | | |
| 1 | 83.0 | 900 | 82.50 | 13.94 | 79.67 | 2.79 | 15.93 | 0.04 | 0.21 | 0.73 | 4.19 | 7.53 | 5.02 | 0.38 |
| 2 | 34.0 | 840 | 82.31 | 14.31 | 80.61 | 2.17 | 12.26 | 0.45 | 2.50 | 0.76 | 4.31 | 7.06 | 5.98 | 0.62 |
| 3 | 35.0 | 1015 | 81.94 | 14.16 | 78.38 | 2.36 | 15.31 | 0.26 | 1.50 | 0.78 | 4.31 | 6.96 | 5.80 | 0.94 |
| 4 | 31.8 | 725 | 82.94 | 12.75 | 74.74 | 3.30 | 19.36 | 0.31 | 1.77 | 0.70 | 4.13 | 9.28 | 6.65 | 0.45 |
| 5 | 43.0 | 1600 | 81.74 | 14.22 | 77.82 | 2.95 | 16.13 | 0.33 | 1.77 | 0.78 | 4.28 | 7.10 | 6.15 | 0.61 |
| 6 | 46.6 | 1800 | 81.53 | 14.02 | 76.71 | 3.09 | 16.74 | 0.51 | 2.00 | 0.83 | 4.55 | 4.92 | 3.17 | 0.26 |
| 7 | 30.5 | 650 | 82.64 | 14.56 | 83.86 | 1.77 | 10.13 | 0.27 | 1.57 | 0.76 | 4.39 | 5.70 | 4.22 | 0.41 |
| 8 | 36.4 | 1100 | 81.92 | 14.36 | 79.44 | 2.76 | 15.27 | 0.26 | 1.41 | 0.70 | 3.88 | 5.27 | 4.75 | 0.12 |
| 9 | 39.5 | 2300 | 81.23 | 13.59 | 72.40 | 4.23 | 22.56 | 0.23 | 1.25 | 0.71 | 3.79 | 5.42 | 4.26 | / |
| 10 | 33.5 | 825 | 82.47 | 14.66 | 83.66 | 2.06 | 11.30 | 0.12 | 0.66 | 0.68 | 3.88 | 5.45 | 4.15 | 0.13 |
| 11 | 32.0 | 775 | 82.81 | 14.45 | 84.06 | 1.91 | 11.11 | 0.11 | 0.62 | 0.72 | 4.21 | 9.20 | / | 0.45 |
| 12 | 24.0 | 300 | 83.37 | 13.90 | 83.58 | 1.54 | 9.29 | 0.49 | 2.96 | 0.69 | 4.17 | 5.68 | 4.14 | / |
| 13 | 25.0 | 375 | 82.81 | 14.19 | 82.55 | 1.75 | 10.16 | 0.52 | 3.00 | 0.74 | 4.29 | 6.72 | 5.24 | 0.22 |
| 14 | 32.5 | 825 | 81.84 | 15.01 | 82.67 | 2.17 | 11.97 | 0.22 | 1.19 | 0.78 | 4.17 | 7.36 | 6.07 | 0.16 |
| 15 | 34.0 | 775 | 82.73 | 12.85 | 74.41 | 2.94 | 21.24 | 0.08 | 0.44 | 0.68 | 3.91 | 5.76 | 4.08 | 0.11 |

根据测定的数据,分别计算得大鲵体重、体长与各营养成分的相关关系见表2,我们可以看出,肌肉的水分、脂肪与体重、体长相关显著,而其它成分与体重、体长则相关不显著。

进一步分析体重与水分、脂肪的关系,建立它们之间的回归方程分别为:

$$\hat{y}_w = 83.30 - 0.0001x$$

$$\hat{y}_f = 9.62 + 0.0051x$$

(其中 x = 体重(克), \hat{y}_w = 水分含量(%), \hat{y}_f = 脂肪含量(%))

由回归方程作出回归直线(图1),从图可以直观地看到,大鲵肌肉的水分随体重的增加而减少,而脂肪则随体重的增加而增加,这种特性可能与其生理机能是密切相关的。

表 2 大鲵肌肉营养成分与体重、体长相关系数
 Table 2 Correlation coefficients for body-weight, body-length and nutrient composition(%) in muscle of giant salamander

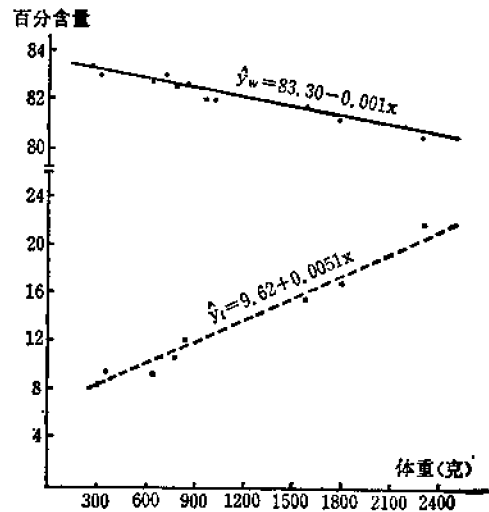
| 生长指标 | 相 关 系 数 | | | | |
|------|---------|--------|----------|---------|----------|
| | 水 分 | 脂 肪 | 蛋 白 质 | 灰 分 | 无氮浸出物 |
| 体 重 | -0.98** | 0.88** | -0.09(-) | 0.03(-) | -0.01(-) |
| 体 长 | -0.88** | 0.81** | -0.11(-) | 0.05(-) | -0.04(-) |

注: ** 极显著 (-) 不显著

一般来讲,动物体内的营养成分的合成和分解存在着动态平衡,当机体的这种平衡处于氮正平衡状态,则机体不断生长。也就是说,蛋白质主要用于动物体的生长,但当动物体达到性成熟后,则蛋白质的含量处于相对稳定状态。我们所分析的 15 尾大鲵,体重最小的为 300 克,大鲵达到性成熟的体重,据文献记载^[1,8],雌雄均在 250 克左右,从我们对大鲵的外形及解剖观察,也证明了所取得的体重均大于 250 克的大鲵已达到了性成熟,这从生理角度说明了大鲵肌肉蛋白质含量处于相对稳定状态,而与体重不显著相关的原因。

脂肪和糖类主要是作为能量贮备物质贮存于生物体内,供应机体利用。糖的生理燃烧值为 4 千卡/克,脂肪为 9 千卡/克,氧化一克脂肪释放的能量约相当于一克糖的 2.2 倍,所以生物体内贮存脂肪比贮存糖类更经济,故大鲵肌肉的脂肪含量大大超过糖类的含量。

在许多鱼类中,肌肉的水分、脂肪含量与体重的关系和大鲵肌肉的一样,水分呈负线性相关,脂肪呈正线性相关,而蛋白质、灰分和无氮浸出物与体重关系同样也不明显,这说明这种现象是动物体肌肉营养成分的一般特性,是肌肉组分与生理机能相适应的反映。



附图 大鲵肌肉水分和脂肪含量随体重的变化

Attached fig. Variation of contents of water and fat in muscle of giant salamander with body-weight

二、大鲵最佳天然饵料的探讨

1. 大鲵各种天然饵料的营养价及其比较

大鲵十种主要天然饵料的营养成分见表 3,我们可以看出,青蛙和泉水鱼的蛋白质含量较高,与大鲵肌肉的基本接近;所有天然饵料的脂肪含量都接近或超过大鲵肌肉的脂肪含量,但无氮浸出物含量较低;虾、溪蟹的蛋白质含量低,但其无机营养元素含量较高。

2. 系统聚类方法在确定大鲵最佳天然饵料中的应用

大鲵的天然饵料,从营养角度看各有利弊,我们需要用一种综合评价方法,从已知的天然饵料中,精选出大鲵的最佳饵料。为此,我们选取能代表天然饵料营养价的十三个指标:水分、蛋白质、脂肪、灰分、无氮浸出物、钙、磷、铁、饲料卡价(表 4)、饲料蛋白比(C/P,表 4)、氨基酸总量(表 5)、必需氨基酸指数(EAAI,表 5)及生物价(BV,表 5)进行系统聚类分析,规定欧氏距离 $d=200$ 为临界值,可将大鲵的天然饵料分为四大类,即① 脂肪型(能量型),以云南光唇鱼(*Acossocheilus yunnanensis*)、马口鱼(*Opsari-*

chtys bidens)、宽鳍鳊(*Zacco platypus*)、切尾鳅(*Leiocassis truncatus*)及螺(*Viviparidae* spp.)为代表,其中又可分为两个亚型,即必需氨基酸亚型(前四种)和非必需氨基酸亚型(螺);②蛋白质型,以泉水鱼(*Semilaleo prochilus*)、鲫鱼(*Carassius auratus*)和蛙(*Rana nigromaculata*)为代表;③蛋白质-矿物质过渡型,以虾(*Macrobrachium nipponensis*)为代表;④矿物质型,以溪蟹(*Potamonidae* spp.)为代表。其中脂肪型的必需氨基酸亚型和蛋白质型的饵料的蛋白质、脂肪、能量、必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)都较高。蛋白质必需氨基酸指数是鱼类所需的必需氨基酸含量的几何值,是衡量必需氨基

表3 大鲵天然饲料的营养成分(%占干物质)

Table 3 Nutrient composition in natural diets of giant salamander (in % dry weight)

| 名 称 | 重量(g) | 水分 | 脂肪 | 蛋白质 | 灰分 | 无氮浸出物 | 钙(ppm) | 磷(ppm) | 铁(ppm) |
|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 泉水鱼 | 100.80 ± 9.57 | 66.70 | 13.36 | 78.76 | 5.88 | 2.00 | 4.25 | 4.11 | 0.99 |
| 云南光唇鱼 | 145.72 ± 8.64 | 76.13 | 23.80 | 69.47 | 6.59 | 0.14 | 4.09 | 3.37 | 0.33 |
| 马口鱼 | 157.62 ± 7.67 | 75.60 | 24.10 | 68.84 | 5.97 | 1.09 | 3.15 | 4.26 | 0.26 |
| 宽鳍鳊 | 156.50 ± 11.35 | 75.09 | 24.06 | 68.62 | 6.11 | 1.21 | 3.49 | 4.74 | 0.46 |
| 鲫鱼 | 90.72 ± 9.24 | 76.72 | 19.59 | 72.42 | 7.35 | 0.64 | 3.88 | 3.65 | 0.65 |
| 切尾鳅 | 103.76 ± 2.75 | 78.68 | 25.09 | 67.89 | 5.84 | 1.18 | 2.61 | 2.98 | 0.91 |
| 虾 | 2.80 ± 0.23 | 74.57 | 15.85 | 63.47 | 14.85 | 5.83 | 26.58 | 17.42 | 1.63 |
| 溪蟹 | 20.20 ± 0.84 | 70.45 | 16.65 | 34.92 | 33.40 | 15.03 | 46.65 | 23.43 | 2.87 |
| 螺 | 11.21 ± 0.76 | 81.18 | 28.40 | 61.65 | 7.05 | 2.90 | 34.68 | 19.43 | 0.51 |
| 蛙 | 77.20 ± 1.20 | 82.67 | 13.42 | 82.18 | 3.72 | 0.68 | 3.20 | 2.85 | 0.25 |

表4 大鲵天然饲料每千克中能量分配

Table 4 Ration of energy per 1kg of natural diets of giant salamander

| 种 类 | 蛋 白 质 | | 脂 肪 | | 糖* | | 每千克饲料的卡价 | 能量-蛋白比(C/P) |
|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|----------|-------------|
| | 克 | 千 卡 | 克 | 千 卡 | 克 | 千 卡 | | |
| 泉水鱼 | 787.6 | 3150.4 | 133.6 | 1202.4 | 20.0 | 80 | 4432.8 | 56.28 |
| 云南光唇鱼 | 694.7 | 2773.8 | 238.0 | 2142.0 | 1.4 | 5.6 | 4926.4 | 70.91 |
| 马口鱼 | 688.4 | 2753.6 | 241.0 | 2169.0 | 10.9 | 43.6 | 4966.2 | 72.14 |
| 宽鳍鳊 | 688.2 | 2752.8 | 240.6 | 2165.4 | 12.1 | 48.4 | 4966.6 | 72.17 |
| 鲫鱼 | 724.2 | 2896.8 | 195.9 | 1763.1 | 6.4 | 25.6 | 4685.5 | 64.70 |
| 切尾鳅 | 673.9 | 2715.6 | 250.9 | 2258.1 | 11.8 | 47.2 | 5020.9 | 73.96 |
| 虾 | 634.7 | 2538.8 | 158.5 | 1426.5 | 58.3 | 233.2 | 4198.5 | 66.15 |
| 溪蟹 | 349.2 | 1396.8 | 166.5 | 1498.5 | 150.3 | 601.2 | 3496.5 | 100.13 |
| 螺 | 616.5 | 2466.0 | 284.0 | 2556.0 | 29.0 | 116.0 | 5138.0 | 83.34 |
| 蛙 | 821.8 | 3287.2 | 134.2 | 1207.8 | 6.8 | 27.2 | 4522.2 | 55.03 |

注:按蛋白质4千卡/克,脂肪9千卡/克,糖4千卡/克换算

* 无氮浸出物主要成分为糖,这里粗略将它看成糖

表5 大鲵及其天然饵料的水解氨基酸含量(%占干物质)、必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)

Table 5 Contents of hydrolytic amino acids in giant salamander and its natural diets (in% dry weight), and their EAAI, BV

| 氨基酸及 EAAI BV 种 类 | 苏氨酸 | 缬氨酸 | 蛋氨酸 | 异亮氨酸 | 亮氨酸 | 苯丙氨酸 | 赖氨酸 | 天门冬氨酸 | 丝氨酸 | 谷氨酸 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| | THR | VAL | MET | ILE | LEU | PHE | LYS | ASP | SER | GLU |
| 泉水鱼 | 9.77 | 4.25 | 1.82 | 3.68 | 6.38 | 3.59 | 6.59 | 8.19 | 3.48 | 12.70 |
| 云南光唇鱼 | 9.73 | 4.14 | 2.61 | 3.44 | 6.29 | 3.50 | 6.66 | 8.10 | 3.41 | 12.62 |
| 马口鱼 | 9.68 | 4.24 | 2.02 | 3.80 | 6.34 | 3.46 | 6.80 | 8.01 | 3.33 | 12.56 |
| 宽鳍鱲 | 3.88 | 4.38 | 2.73 | 3.80 | 6.55 | 3.56 | 7.09 | 8.50 | 3.64 | 13.15 |
| 鲫鱼 | 3.61 | 3.94 | 1.52 | 3.90 | 5.89 | 3.35 | 6.08 | 7.54 | 3.64 | 12.00 |
| 切尾鲮 | 3.95 | 4.29 | 2.78 | 3.74 | 6.19 | 3.47 | 6.57 | 8.14 | 4.29 | 12.61 |
| 虾 | 2.59 | 3.24 | 0.25 | 3.15 | 4.18 | 2.95 | 4.22 | 6.54 | 3.12 | 9.10 |
| 溪蟹 | 1.10 | 1.88 | 1.59 | 1.83 | 1.52 | 1.39 | 1.54 | 2.35 | 1.05 | 3.54 |
| 螺 | 3.66 | 2.73 | 0.20 | 2.24 | 4.70 | 2.09 | 3.51 | 6.08 | 2.77 | 9.94 |
| 蛙 | 4.12 | 4.53 | 1.96 | 4.25 | 7.54 | 3.77 | 7.95 | 9.55 | 4.13 | 15.90 |
| 大鲵 | 3.89 | 4.08 | 1.47 | 3.91 | 6.73 | 3.45 | 7.19 | 8.69 | 4.01 | 14.15 |

| 氨基酸及 EAAI BV 种 类 | 甘氨酸 | 丙氨酸 | 胱氨酸 | 酪氨酸 | 组氨酸 | 精氨酸 | 脯氨酸 | 氨基酸 总和 | EAAI | BV |
|------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|-----------|-------|-------|
| | GLY | ALA | CYS | TYR | HIS | ARG | PRO | | | |
| 泉水鱼 | 5.29 | 5.40 | 0.97 | 2.77 | 1.74 | 11.84 | 1.83 | 34.29 | 69.59 | 64.12 |
| 云南光唇鱼 | 5.72 | 5.34 | 1.14 | 2.92 | 1.81 | 5.06 | 1.86 | 78.30 | 71.52 | 68.22 |
| 马口鱼 | 4.55 | 5.10 | 0.91 | 2.75 | 1.83 | 4.37 | 1.65 | 75.40 | 70.21 | 64.79 |
| 宽鳍鱲 | 4.50 | 5.15 | 1.18 | 3.11 | 1.88 | 5.03 | 1.69 | 79.80 | 75.55 | 70.61 |
| 鲫鱼 | 5.33 | 5.18 | 0.92 | 2.54 | 1.79 | 6.64 | 1.73 | 73.00 | 63.34 | 57.31 |
| 切尾鲮 | 6.08 | 5.44 | 1.21 | 2.87 | 1.74 | 4.87 | 1.92 | 80.20 | 73.61 | 68.50 |
| 虾 | 3.71 | 4.18 | 0.79 | 2.63 | 1.57 | 4.10 | 3.07 | 59.40 | 46.33 | 39.31 |
| 溪蟹 | 1.72 | 1.50 | 0.75 | 1.39 | 0.63 | 1.74 | 1.33 | 26.40 | 25.36 | 16.14 |
| 螺 | 3.40 | 3.53 | 0.72 | 2.09 | 0.97 | 4.91 | 2.96 | 56.59 | 42.71 | 33.82 |
| 蛙 | 4.02 | 5.27 | 1.07 | 3.49 | 2.35 | 5.52 | 3.85 | 87.98 | 76.36 | 71.50 |
| 大鲵 | 4.32 | 5.00 | 1.09 | 3.10 | 1.89 | 5.33 | 3.78 | 82.03 | / | / |

注: 色氨酸因水解被破坏, 未另作测定。

酸的一个综合指标, 能势(1963)研究认为虹鳟的生长同饲料蛋白质的 EAAI 间呈严格的正相关关系, Oser(1961)研究发现虹鳟饲料的 EAAI 与蛋白生物价(BV)相关关系为:

$$\text{生物价(BV)} = 1.09\text{EAAI} - 11.73$$

这表明, 饲料的 EAAI、BV 高, 则饲料的营养质量好, 因此, 也说明了脂肪型的必需氨基酸亚型和蛋白质型应是大鲵的优质天然饵料。

脂肪型中非必需氨基酸亚型的螺虽然能量高, 但氨基酸总量及 EAAI 小, 至少不是大鲵氨基酸的优质来源; 蛋白质-矿物质过渡型及矿物质型的虾、溪蟹, 虽然在大鲵食物中占主要成分, 但其能量、蛋白质、氨基酸总量、EAAI 和 BV 都较低, 只能作为提供矿物质和调节其它营养成分的饵料, 其它方面不能满足大鲵的营养要求, 应不是大鲵的优质天然饵料。大鲵在野生状态下, 食物中以这两种天然饵料占较大比例, 只能说明大鲵摄食对天然饵料的营养成分无选择性, 而只考虑到了易得性, 大鲵出没的区域, 虾、溪蟹的生物量较大, 所以它们在食物中所占的比例较大。

Philip 和 Brookway(1966)曾提出假说, 认为与自然界动物的必需氨基酸组分相类似的饵料应该

是最佳饲料。Ogino(1963)后来研究结果也支持了这一假说。李爱杰等⁽¹⁾利用这个假说,分析对虾及其饲料发现,短齿哈、哈仔及贻贝等为对虾的最佳饲料。我们将所测定的大鲢天然饵料的氨基酸与大鲢肉的氨基酸进行比较,从表5可以看出,泉水鱼、云南光唇鱼、马口鱼、宽鳍鱲、切尾鲢及青蛙的氨基酸比例与大鲢的相似,因此应是大鲢的优质饲料,鲫鱼次之,螺、虾在氨基酸比例上与大鲢相似,但其含量较少,不能作为提供氨基酸的主要成分,蟹不仅氨基酸含量低,且比例与大鲢不相同,故不是大鲢优质的氨基酸来源。这与系统聚类分析的结果是一致的,说明系统聚类分析在饲料选择中是一种可行的方法。

参 考 文 献

- [1] 方盛荣,1985.我国的大鲢.生物学通报,(1):9—11.
- [2] 四川省长江资源调查组,1974.大鲢的资源调查.淡水渔业,(2):14—17.
- [3] 李贵禄等,1983.大鲢生态研究.大自然探索,(1):110—113.
- [4] 宋鸣涛,1979.陕西省乾佑河上游大鲢的生态调查.淡水渔业,(10,11):33—34.
- [5] 邱幼祥等,1986.中国大鲢的骨学研究.北京大学学报(自然科学版),(6):69—87.
- [6] 怀特(张澄光等译),1979.生物化学原理(中册),科学出版社(京).
- [7] 赵法偈等,1984.酶解猪血纤维蛋白的营养评价.营养学报,(6):27—32.
- [8] ——,1986.大豆平衡氨基酸营养价值的研究.营养学报,(2):153—158.
- [9] 佐藤,1979.成分栄養の特徴と本邦に於ける研究动向.日本临床,37(8):115—119.
- [10] Pellett PL, Young VR, 1980. Nutritional Evaluation of protein Foods, 26—29. The United National University, Printed in Japan.

(1) 李爱杰等,1983.几种对虾饲料化学成分测定.水产研究集刊,77—88.