

文章编号: 1674-5566(2010)05-0635-07

## 吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价

缪凌鸿<sup>1,2</sup>, 刘波<sup>1,2</sup>, 何杰<sup>2</sup>, 谢骏<sup>1,2</sup>, 戈贤平<sup>1,2</sup>,  
徐跑<sup>1,2</sup>, 陈汝丽<sup>2</sup>, 梁政远<sup>1</sup>

(1南京农业大学无锡渔业学院, 江苏 无锡 214081;

2 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水鱼类遗传育种和  
养殖生物学重点开放实验室, 江苏 无锡 214081)

**摘要:** 用常规方法测定、分析了无锡淡水渔业研究中心选育的 2 代吉富罗非鱼肌肉中营养成分组成与含量。结果显示, 吉富罗非鱼肌肉中水分含量为 78.8%, 蛋白质为 17.39%, 粗脂肪为 0.89%, 灰分含量为 1.32%。肌肉中共检测出 17 种氨基酸 (除色氨酸), 总量占干物质的 76.01%。其中包括了 7 种人体必需氨基酸, 占干重的 30.46%, 占氨基酸总量的 40.07%, 其必需氨基酸的构成比例基本符合 FAO/WHO 的标准。吉富罗非鱼限制性氨基酸主要为蛋氨酸+胱氨酸、缬氨酸和异亮氨酸, 必需氨基酸指数 (EAAI) 为 69.55, 鲜味氨基酸占氨基酸总量的 29.55%。脂肪酸中多不饱和脂肪酸含量为 24.56%, 高于其他优质鲤科鱼类; 其中 EPA 与 DHA 的总含量为 11.9%, 高于多种经济鱼类。吉富罗非鱼肌肉的矿物质元素含量丰富、合理。实验结果表明, 吉富罗非鱼有较高的食用价值与保健作用。

**关键词:** 吉富罗非鱼; 肌肉; 营养成分; 品质分析

**中图分类号:** S 963.1      **文献标识码:** A

## Evaluation of nutritive quality and nutritional components in the muscle of GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

MIAO Ling-hong<sup>1,2</sup>, LIU Bo<sup>1,2</sup>, HE Jie<sup>2</sup>, XIE Jun<sup>1,2</sup>, GE Xian-ping<sup>1,2</sup>,  
XU Pao<sup>1,2</sup>, CHEN Ru-li<sup>2</sup>, LIANG Zheng-yuan<sup>1</sup>

(1 Wuxi Fishery college Nanjing Agriculture University, Wuxi 214081, China;

2. Key Laboratory of Genetic Breeding and Aquaculture Biology of Freshwater Fishes Ministry of Agriculture  
Freshwater Fisheries Research Center Chinese Academy of Fishery Sciences Wuxi 214081, China)

**Abstract:** Nutritional components in the muscle of the 2nd generation GIFT strain of Nile tilapia bred by Wuxi Freshwater Fisheries Research Center were tested and analyzed with routine methods. The results showed that content of moisture, crude protein, crude fat and ash of fresh muscles were 78.8%, 17.39%, 0.89% and 1.32% respectively. Except tryptophan, 17 common amino acids were detected in muscle which include 7 essential amino acids for human body. In dry sample, the total content of amino acids was 76.01% and the content of essential amino acids was 30.46%. The percentage of essential amino acids in total amino acids

收稿日期: 2009-10-22

基金项目: 农业科技成果转化资金项目 (2007GB2326037); 农业部淡水鱼类遗传育种和养殖生物学重点开放实验室项目 (BZ2007-01)

作者简介: 缪凌鸿 (1984-), 女, 硕士研究生, 专业方向为水产动物营养与饲料。E-mail: miaolh@ffrc.cn

通讯作者: 戈贤平, E-mail: gexp@ffrc.cn

was 40.07%. The constitutional rate of the essential amino acids accorded with the FAO/WHO Standard. The main limited amino acids of GIFT strain of Nile tilapia were Met+Cys+Val and Ile. The essential amino acids index (EAAI) was 69.55. In dry sample, the content of delicious amino acids was 29.55%. The content of polyunsaturated fatty acid in fatty acids was 24.56%, which was higher than some other high quality cyprinid fishes. The total content of EPA and DHA in fatty acids was 11.9%, which was higher than some other economic fishes. The composition of trace elements of GIFT strain of Nile tilapia was abundant and reasonable. Mineral elements were rich in GIFT tilapia. It was indicated that GIFT strain of Nile tilapia had high edible value and health effect.

**Key words:** GIFT strain of Nile tilapia; muscle; nourishing ingredients; quality analysis

吉富罗非鱼 (GIFT strain Nile tilapia *Oreochromis niloticus*) 是由国际水生生物资源管理中心 (ICLARM), 通过 4 个非洲原产地 (埃及、加纳、肯尼亚、塞内加尔) 直接引进的尼罗罗非鱼品系和 4 个亚洲养殖比较广泛的尼罗罗非鱼品系 (以色列、新加坡、泰国、中国台湾) 经混合选育获得的优良品系<sup>[1]</sup>, 具有生长快<sup>[2]</sup>, 产量高<sup>[3]</sup>, 抗病力强, 易于饲养, 经济价值和潜力巨大, 同时具有出肉率多, 肉质丰满、细嫩, 味道鲜美等特点, 是水产养殖的一个新品种。2006 年 8 月, 世界渔业中心 (WorldFish Center) 向中国水产科学研究院淡水渔业研究中心赠送了 60 个家系的吉富罗非鱼, 经过 3 年的选育, 淡水渔业研究中心已选育出第 2 代吉富罗非鱼, 其有别于尼罗罗非鱼、奥尼罗非鱼、奥里亚罗非鱼和新吉富罗非鱼等。关于鱼类 (包括各种罗非鱼<sup>[4-6]</sup>) 肌肉成分和品质分析的文章已经很多, 但是还未见从一般营养成分、氨基酸、脂肪酸和常量、微量元素这些角度系统、全面分析的文章, 并且淡水渔业研究中心选育的吉富罗非鱼的肌肉成分及品质鉴定还未有专家专门研究过, 或许有别于其他的罗非鱼。鉴于此, 为了解淡水渔业研究中心选育的吉富罗非鱼的营养素组成与含量, 便于估算吉富罗非鱼的饲料配比<sup>[7]</sup>, 本实验对吉富罗非鱼肌肉的常规营养成分、氨基酸、脂肪酸组成、常量和微量元素进行全面分析与评价, 为进一步开展吉富罗非鱼配合饲料的研制提供参考, 也为其选育、养殖、食品加工等提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

随机选取吉富罗非鱼 30 尾, 体重 (250±20) g 为当年养成个体。所有的实验用鱼均取自中

国水产科学研究院淡水渔业研究中心无锡宜兴养殖基地。

### 1.2 分析方法与数据处理

#### 1.2.1 样品制备

自鱼体两侧头盖骨后至尾鳍前取体背肌肉样品, 剪碎, 混匀后一部分用于常规营养成分、氨基酸、微量元素的测定; 另一部分冷冻干燥, 用于脂肪酸的测定。

#### 1.2.2 常规营养成分的测定方法

按 GB5009-85 的方法, 鱼体肌肉水分含量测定采用 105℃ 烘干法; 粗蛋白含量测定采用微量凯氏定氮法; 粗脂肪含量测定采用索氏抽提法; 粗灰分含量测定采用马福炉 550℃ 灼烧法。

#### 1.2.3 氨基酸的测定方法

按 JY/T019-1996 的方法, 鱼体肌肉样品经酸水解处理后, 采用美国 Agilent Technologies 公司的 Agilent 1100 型液相色谱仪测定氨基酸含量。酸水解过程中色氨酸被破坏, 故未测定。

#### 1.2.4 脂肪酸的测定方法

使用美国 Agilent Technologies 公司的 Agilent 6890N 气相色谱仪和 5973N 质谱仪 (GC/MS), 气象色谱条件如下, 色谱柱: HP-5MS 30 m×0.25 mm×0.25 μm; 操作条件: 气化室温度 250℃; 传输线温度 280℃; 色谱柱升温程序: 初温 50℃, 以 10℃/min 升至 280℃ 并保持 10 min。质谱: EI 离子源, 信增器电压: 1 200 V。离子源温度: 230℃。四极杆温度: 150℃, 全扫描 (SCAN) 质量范围: 0.045~0.500 A。检索 NIST 质谱图库, 通过比较样品质谱图与图库中标准质谱图确定样品中脂肪酸种类, 各脂肪酸相对含量的确定采用峰面积归一化法计算。

#### 1.2.5 常量及微量元素

称取肌肉样品 2.000 g 于瓷坩埚中, 在电热

板上炭化至无烟,移入马福炉 500℃灰化 8 h 冷却。若个别样品灰化不彻底,则加 1 mL(硝酸和高氯酸)混合酸在电炉上加热,反复多次直到消化完全,冷却,用硝酸(0.5 mol/L)将灰分溶解,用滴管将样品消化液洗入 25 mL 容量瓶中并定容备用,同时作试剂空白。将样品溶液分别导入 Optimal 2100 DV 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Pekin Elmer 公司)进行测定。仪器具体参数如下,等离子体:15 L/min;辅助:0.5 L/min;雾化器:0.6 L/min;功率:1 400 W;等离子体观测:轴向;泵试样流量:1.5 mL/min。各元素测定波长为:钠 589.592 nm、钾 766.490 nm、钙 315.887 nm、镁 285.213 nm、磷 213.617 nm、铜 327.393 nm、锌 213.857 nm、铁 238.204 nm、锰 257.610 nm、钴 228.616 nm、铬 267.716 nm。

### 1.3 肌肉营养价值评价

营养价值的评定根据 FAO/WHO 1973 年建议的每克氮氨基酸评分标准模式(%, dry)<sup>[8]</sup>和中国预防医学科学院、营养和食品卫生研究所提出的鸡蛋蛋白模式(%, dry)<sup>[9]</sup>进行比较,并分别按以下公式计算氨基酸评分(S<sub>AA</sub>)、化学评分(S<sub>C</sub>)和必需氨基酸指数(I<sub>EA</sub>)<sup>[10]</sup>。

$$S_{AA} = \frac{aa}{AA_{(FAO/WHO)}} \quad (1)$$

$$S_C = \frac{aa}{AA_{(Egg)}} \quad (2)$$

$$I_{EA} = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100I}{IE}} \quad (3)$$

式中:aa 为实验样品氨基酸含量(%); AA<sub>(FAO/WHO)</sub> 为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量(%); AA<sub>(Egg)</sub> 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 为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(%,干重), AE、BE、CE、…、IE 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(%,干重)。

### 1.4 数据统计

本实验分别测定 30 尾吉富罗非鱼的肌肉水分含量。每 5 条吉富罗非鱼的干物质分为一组并混匀,一共为 6 组,测定干物质粗蛋白、粗脂肪和灰分。最后将剩余的所有样品混匀后测定氨基酸组成和脂肪酸组成。文中的水分、蛋白质、粗脂肪和灰分数据均由平均数( $\bar{x}$ )表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 一般营养成分

由表 1 可知,吉富罗非鱼肌肉中水分含量为 78.8%;蛋白质为 17.39%,粗脂肪为 0.89%,灰分含量为 1.32%。

表 1 吉富罗非鱼与其他常见养殖鱼类肌肉中一般营养成分比较

Tab. 1 Nutritional components in muscle of GIFT tilapia compared with other fishes

鱼名	水分	蛋白质	粗脂肪	灰分
吉富罗非鱼 GIFT strain Nile tilapia	78.8%	17.39%	0.89%	1.32%
翘嘴红鲌 <sup>[11]</sup> Erythroculterlishaeformis	80.3%	16.7%	2.48%	1.08%
鳊鱼 <sup>[10]</sup> Siniperca chuatsi	79.76%	17.56%	1.50%	1.06%
草鱼 <sup>[12]</sup> Ctenopharyngodon idellus	82.71%	15.10%	1.50%	1.71%
黄颡鱼 <sup>[13]</sup> Pelteobagrus fulvidraco	80.89%	15.16%	1.57%	1.03%
鳙 <sup>[14]</sup> Aristichthys mobilis	80.18%	16.95%	0.74%	2.08%
尼罗罗非鱼 <sup>[4]</sup> Oreochromis niloticus	80.85%	15.38%	1.75%	1.07%
奥里亚罗非鱼 <sup>[4]</sup> Oreochromis aureus	78.53%	18.01%	2.26%	1.19%
红罗非鱼 <sup>[4]</sup> Oreochromis sp	78.48%	17.68%	2.34%	1.08%
奥尼罗非鱼 <sup>[4]</sup> O. niloticus ♀ × O. aureus ♂	79.51%	16.15%	2.65%	1.00%

### 2.2 氨基酸分析与营养品质评价

#### 2.2.1 氨基酸分析

由表 2 可知,在吉富罗非鱼肌肉中共检测出 17 种氨基酸(因酸处理,未分析色氨酸)。其中包括了 7 种人体必需氨基酸和非必需氨基酸 10 种。氨基酸总量占新鲜肌肉的 16.11%,占干物质的

76.01%,其中必需氨基酸占鲜重的 7.15%,占干重的 33.72%。

从氨基酸组成上看,谷氨酸含量最高,为 17.024%,其次是天门冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸,胱氨酸含量最低。

表 2 吉富罗非鱼肌肉的氨基酸组成

Tab 2 Amino acid composition and levels in muscle of GIFT tilapia

氨基酸 AA	占干样的百分比	占鲜样的百分比	尼罗罗非鱼 (鲜样)	奥里亚罗非鱼 (鲜样)	红罗非鱼 (鲜样)	奥尼罗非鱼 (鲜样)
天门冬氨酸 Asp	8.08%	1.71%	1.61%	1.61%	1.61%	1.61%
谷氨酸 Glu	12.94%	2.74%	2.41%	2.38%	2.58%	2.11%
丝氨酸 Ser	3.38%	0.72%	0.57%	0.57%	0.62%	0.51%
甘氨酸 Gly	3.69%	0.78%	0.73%	0.80%	0.91%	0.74%
丙氨酸 Ala	4.84%	1.03%	0.94%	0.96%	1.05%	0.87%
酪氨酸 Tyr	2.78%	0.59%	0.56%	0.51%	0.54%	0.46%
脯氨酸 Pro	2.61%	0.55%	0.46%	0.50%	0.57%	0.46%
胱氨酸 Cys	0.48%	0.10%	0.38%	0.38%	0.42%	0.37%
组氨酸 His	2.1%	0.45%	0.34%	0.42%	0.46%	0.37%
精氨酸 Arg	4.65%	0.99%	1.04%	1.06%	1.16%	0.96%
缬氨酸 Val	3.69%	0.78%	0.94%	0.91%	0.96%	0.81%
蛋氨酸 Met*	2.47%	0.52%	0.62%	0.61%	0.66%	0.54%
苯丙氨酸 Phe*	3.5%	0.74%	0.72%	0.68%	0.74%	0.62%
异亮氨酸 Ile*	3.29%	0.70%	0.73%	0.73%	0.77%	0.64%
亮氨酸 Leu*	6.54%	1.39%	1.29%	1.29%	1.38%	1.13%
赖氨酸 Lys*	7.26%	1.54%	1.53%	1.50%	1.61%	1.33%
苏氨酸 Thr*	3.71%	0.79%	0.70%	0.70%	0.75%	0.62%
氨基酸总量 (TAA)	76.01%	16.11%	15.57%	15.61%	16.79%	14.15%
必需氨基酸 (EAA)	30.46%	6.46%	6.53%	6.42%	6.87%	5.69%
$W_{EAA}/W_{TAA}$	40.07%	40.07%	41.94%	41.13%	40.92%	40.21%
$W_{EAA}/W_{NEAA}$	66.87%	66.87%	72.23%	69.86%	69.25%	67.26%

注:  $W_{EAA}$  为必需氨基酸总量,  $W_{TAA}$  为氨基酸总量,  $W_{NEAA}$  为非必需氨基酸总量; \* 为人体必需氨基酸; 干样为按 GB5009-85 经过 105℃ 烘干及处理过的样品; 鲜样为新鲜的肌肉样品。

### 2.2.2 肌肉营养品质评价

由表 3 可知, 吉富罗非鱼必需氨基酸的氨基酸评分均接近或大于 1, 化学评分除 (蛋氨酸 + 胱氨酸) 外, 均大于 0.5。其中, 以赖氨酸的氨基酸评分最高, 并且值得一提的是, 吉富罗非鱼肌肉

中赖氨酸 (Lys) 的含量超过 FAO/WHO 模式和鸡蛋蛋白质, 为前者的 1.34 倍。

由表 4 可知, 吉富罗非鱼肌肉中 4 种鲜味氨基酸占干重 29.55%, 而特征性鲜味氨基酸含量占 21.01%。

表 3 吉富罗非鱼肌肉必需氨基酸组成的评价

Tab 3 Evaluation of essential amino acid composition in muscle of GIFT tilapia

必需氨基酸	吉富罗非鱼 (mg/g)	鸡蛋蛋白 (mg/g)	FAO 评分模式	氨基酸评分	化学评分
异亮氨酸 Ile	205	331	250	0.82	0.62
亮氨酸 Leu	408	534	440	0.93	0.76
赖氨酸 Lys	454	441	340	1.34	1.03
苏氨酸 Thr	232	292	250	0.93	0.79
缬氨酸 Val	231	411	310	0.75	0.56
蛋 + 胱氨酸 Met + Cys	184	386	220	0.83	0.48
苯丙 + 酪氨酸 Phe + Thr	379	565	380	1.00	0.67
总量	2 093	2 960	2 190		
占氨基酸总量 (%)	44.05	48.08	35.38		
必需氨基酸指数			69.55		

### 2.3 脂肪酸组成

由表 5 可知, 吉富罗非鱼肌肉中共检出 25 种脂肪酸, 其中含 12 种饱和脂肪酸 (SFA), 占 35.56%; 6 种单不饱和脂肪酸 (MUFA), 占 35.37%; 7 种多不饱和脂肪酸 (PUFA), 占 24.56%。

饱和脂肪酸中以 C16:0 含量最高, 为 21.5%; 而 C12:0 和 C26:0 最低。单不饱和脂肪酸中, C18:1 含量最高, 为 28.71%; C16:1 次之, 为 5.30%; 而 C14:1 和 C24:1 含量最低。多不饱和脂肪酸中, 主要为亚油酸 (C18:2)、DHA (C22:6) 和 EPA (C20:5), 含量分别为 10.43%、7.64%、4.26%。

表 4 肌肉中鲜味氨基酸的组成与其他经济鱼类的比较

Tab 4 Comparison of delicious amino acids contents in muscle by GIFT tilapia and some other economic fishes

鲜味氨基酸	天门冬氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	特征性鲜味氨基酸	鲜味氨基酸总量
吉富罗非鱼 GIFT strain Nile tilapia	8.08%	12.94%	3.69%	4.84%	21.02%	29.55%
鳊鱼 <sup>[10]</sup> Siniperca chuatsi	9.3%	14.75%	4.07%	5.51%	24.05%	33.63%
翘嘴红鲌 <sup>[11]</sup> Erythronclerus lishaeformis	9.74%	16.3%	3.81%	4.95%	26.04%	34.8%
草鱼 <sup>[12]</sup> Ctenopharyngodon	6.9%	10.61%	3.87%	4.09%	17.51%	25.47%
鲮鱼 <sup>[14]</sup> Aristichthys mobilis	6.86%	10.35%	3.58%	3.86%	17.21%	24.65%
尼罗罗非鱼 <sup>[4]</sup> Oreochromis niloticus	8.41%	12.58%	3.81%	4.91%	20.99%	29.71%
奥里亚罗非鱼 <sup>[4]</sup> Oreochromis aureus	7.50%	11.09%	3.73%	4.47%	18.58%	26.78%
红罗非鱼 <sup>[4]</sup> Oreochromis sp	7.48%	11.99%	4.23%	4.88%	19.47%	28.58%
奥尼罗非鱼 <sup>[4]</sup> O. niloticus ♀ × O. aureus ♂	7.86%	10.30%	3.61%	4.25%	18.16%	26.01%

表 5 吉富罗非鱼肌肉脂肪酸组成与含量

Tab 5 Fatty acids contents in muscle of GIFT tilapia

脂肪酸名称	含量	脂肪酸名称	含量	脂肪酸名称	含量
月桂酸 (C12:0)	0.01%	豆蔻油酸 (C14:1)	0.1%	十六碳三烯酸 (C16:3)	0.11%
十三碳酸 (C13:0)	0.05%	棕榈油酸 (C16:1)	5.30%	亚麻酸 (C18:3)	0.14%
豆蔻酸 (C14:0)	3.54%	油酸 (C18:1)	28.71%	亚油酸 (C18:2)	10.43%
十五碳酸 (C15:0)	0.43%	花生一烯酸 (C20:1)	0.35%	二十酸三烯酸 (C20:3)	0.64%
棕榈酸 (C16:0)	21.5%	芥酸 (C22:1)	0.82%	花生四烯酸 (C20:4)	1.34%
十七碳酸 (C17:0)	0.36%	神经酸 (C24:1)	0.09%	EPA (C20:5)	4.26%
硬脂酸 (C18:0)	6.88%			DHA (C22:6)	7.64%
十九碳酸 (C19:0)	0.05%				
花生酸 (C20:0)	2.67%				
山萘酸 (C22:0)	0.04%				
木焦油酸 (C24:0)	0.02%				
二十六碳酸 (C26:0)	0.01%				
∑ SFA	35.56	∑ MUFA	35.37	∑ PUFA	24.56

注: ∑ SFA 为饱和脂肪酸; ∑ MUFA 为单不饱和脂肪酸; ∑ PUFA 为多不饱和脂肪酸。

## 2.4 常量元素和微量元素含量

由表 6 可知,吉富罗非鱼肌肉中钾含量最高,其次为磷、镁、钙、钠。吉富罗非鱼肌肉中钙

磷比为 1:8.17, 低于鲤 (1:8.64), 高于青鱼 (1:6.13)、鲮 (1:4.38)<sup>[12]</sup>。

表 6 吉富罗非鱼肌肉常量 and 微量元素含量

Tab 6 Mineral trace element contents in muscle of GIFT tilapia

元素	常量元素					微量元素					
	Na	K	Mg	Ca	P	Cu*	Zn*	Fe*	Mn*	Co*	Cr*
含量 (μg/g)	106.15	9365.38	387.37	352.05	2875.64	6.86	35.90	21.41	10.32	8.65	10.32

注: \* 为微量元素。

## 3 讨论

### 3.1 一般营养成分

由表 1 可知,与常见经济性鱼类相比,吉富罗非鱼肌肉蛋白含量高于翘嘴红鲌、草鱼、黄颡鱼和鲮,仅低于鳊鱼;粗脂肪含量高于鲮而低于

其他 4 种鱼类;灰分含量高于翘嘴红鲌、鳊鱼和黄颡鱼,低于草鱼和鲮。与其他品种罗非鱼相比,吉富罗非鱼肌肉蛋白质含量高于尼罗罗非鱼、奥尼罗非鱼,低于红罗非鱼和奥里亚罗非鱼;肌肉粗脂肪含量均低于这 4 种罗非鱼;而灰分含量都高于这 4 种罗非鱼。由此可见,吉富罗非鱼是一种蛋白质含量较高,脂肪含量较低鱼类。

## 3.2 氨基酸分析与营养品质评价

### 3.2.1 氨基酸分析

由表 2 可知,吉富罗非鱼肌肉氨基酸含量高于草鱼<sup>[12]</sup>、鳙<sup>[14]</sup>、鲢<sup>[14]</sup>、乌鳢<sup>[15]</sup>和花鲢<sup>[16]</sup>,低于鳊鱼<sup>[12]</sup>。与其他 4 种罗非鱼相比,吉富罗非鱼氨基酸总量高于尼罗罗非鱼、奥里亚罗非鱼和奥尼罗非鱼,低于红罗非鱼;必需氨基酸含量高于奥里亚罗非鱼和奥尼罗非鱼,而低于尼罗罗非鱼和红罗非鱼;而必需氨基酸和氨基酸总量、非必需氨基酸的比值都低于 4 种罗非鱼。

谷氨酸不仅是鲜味氨基酸,它还是脑组织生化代谢中的重要氨基酸,参与多种生理活性物质的合成<sup>[8]</sup>。另外,吉富罗非鱼肌肉中赖氨酸含量也较高,为 9.55%,而赖氨酸有助提高钙的吸收和在机体体内的积累,还可以增进食欲,促进幼儿生长和发育<sup>[17]</sup>。吉富罗非鱼还含有较丰富的精氨酸,精氨酸是人体条件性必需氨基酸,对人体有很多生化和治疗作用,它不仅是许多幼年哺乳动物生长所必需的氨基酸,还可促进伤口的愈合<sup>[18]</sup>。因此,吉富罗非鱼具有较高的营养和保健价值。

### 3.2.2 肌肉营养品质评价

由表 3 可知,吉富罗非鱼肌肉必需氨基酸组成相对比较平衡,且含量丰富,与黄颡鱼、鳊鱼、翘嘴红鲌、奥里亚罗非鱼、红罗非鱼和奥尼罗非鱼基本一致。吉富罗非鱼肌肉中丰富的赖氨酸对于以谷物食品为主的膳食者来说,可以弥补谷物食品中的不足,从而提高人体对蛋白质的利用率<sup>[10]</sup>。根据综合化学评分结果,吉富罗非鱼鱼体蛋白的第一限制性氨基酸为(蛋氨酸+胱氨酸),第二限制性氨基酸为缬氨酸;根据氨基酸评分结果,吉富罗非鱼鱼体蛋白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。可见,吉富罗非鱼的限制性氨基酸主要是蛋氨酸+胱氨酸、缬氨酸和异亮氨酸,这与鳊鱼、翘嘴红鲌、花鲢的氨基酸评分结果基本一致。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质,其氨基酸的 mEAA/mTAA 为 40% 左右。结果显示,吉富罗非鱼肌肉的必需氨基酸占氨基酸总量的 44.05%,基本符合 FAO/WHO 的评价标准。吉富罗非鱼的必需氨基酸指数为 69.55,远高于鳊鱼<sup>[10]</sup>、草鱼<sup>[12]</sup>、鲢<sup>[14]</sup>和花鲢<sup>[16]</sup>。吉富罗非鱼中亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸含量丰富,它们作为

支链氨基酸,具有影响蛋白质的合成与分解,增强免疫力,调节激素代谢等特殊的营养作用,其总含量在一定程度上决定了食物的营养价值<sup>[19]</sup>。说明吉富罗非鱼是一种营养价值较好的优质鱼类。

动物蛋白质的鲜美在一定程度上取决于其鲜味氨基酸(Glu, Asp, Gly, Ala)的组成与含量,Glu, Asp 为呈鲜味的特征性氨基酸。而吉富罗非鱼肌肉中鲜味氨基酸含量高于草鱼和鳙,低于鳊鱼和翘嘴红鲌;与其他罗非鱼相比,吉富罗非鱼肌肉中的纤维氨基酸含量高于奥里亚罗非鱼、红罗非鱼和奥尼罗非鱼而低于尼罗罗非鱼。由此可见,吉富罗非鱼具有较高的食用价值。

### 3.3 脂肪酸组成

吉富罗非鱼肌肉饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量均高于一般的鲤科名优养殖鱼类。与其他几种罗非鱼相比,饱和脂肪酸含量高于红罗非鱼;单不饱和脂肪酸含量高于尼罗罗非鱼、奥里亚罗非鱼、红罗非鱼和奥尼罗非鱼;而多不饱和脂肪酸低于这 4 种罗非鱼。多不饱和脂肪酸具有明显地降血脂、抑制血小板凝集、降血压、提高生物膜液态性、抗肿瘤和免疫调节作用,能显著降低心血管疾病的发病率<sup>[20]</sup>。而近来的研究表明:单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸同样具有降血脂作用<sup>[21]</sup>。

吉富罗非鱼肌肉中花生五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)的总含量均远高于黄鳊<sup>[22]</sup>、鲫<sup>[23]</sup>、尼罗罗非鱼<sup>[4]</sup>和红罗非鱼<sup>[4]</sup>。EPA 和 DHA 是一类多烯不饱和脂肪酸,主要存在于鱼类脂肪内。临床应用的研究发现,EPA 和 DHA 已被认为是人和动物生长发育的必需脂肪酸<sup>[24]</sup>。这些表明吉富罗非鱼是一种健康的膳食鱼类。

### 3.4 常量元素和微量元素含量

微量元素中,锌、铁含量最高,钴、铜较低。而铁、锌、铜参与多种酶活性中心的构成,对核酸、蛋白质的合成及免疫过程都有直接或间接作用。作为第 4 周期必需营养微量元素铁、锰、铜、锌的比例约为 3:1.4:1:5。一般而言,锌铜比大于 10 及锌铁比大于 1 时,理化性质相似的元素生物学功能之间会相互拮抗<sup>[25]</sup>。由此可见,吉富罗非鱼肌肉中锌铜比例合理,但是锌铁可能存在相互拮抗效应。

## 4 结论

本研究测定吉富罗非鱼肌肉干物质中一般营养成分以及氨基酸、脂肪酸、常量和微量元素含量,分析了肌肉中营养成分的组成,对肌肉营养品质作出评价,并与其他经济鱼类进行了比较。结果显示,吉富罗非鱼肌肉中营养物质丰富全面,必需氨基酸组成平衡、含量丰富,符合人体营养需求,脂肪酸中的 EPA、DHA 含量较高,还含有丰富的矿物质与微量元素,说明吉富罗非鱼是一种营养价值、经济价值都较高且有一定保健作用的优质鱼类。

在吉富罗非鱼的研究中,人工配合饲料不仅应满足其快速生长的营养生理特性,同时还要保持肌肉中的营养成分含量。而鱼类营养学家认为,与动物体的必需氨基酸组成相近似的饲料即为该动物的合适饲料。Ogino<sup>[26]</sup>的试验结果和 Halver<sup>[27]</sup>方法都表明以同期鱼类的必需氨基酸配比来指导饲料中必需氨基酸配比的方法是可行且有效的<sup>[28]</sup>。因而在吉富罗非鱼的饲料研制过程中应注意氨基酸的含量,尤其是必需氨基酸的含量与平衡。

目前,吉富罗非鱼的选育工作主要集中在生长速度上。随着生活水平的提高,鱼体的营养价值将更受关注。因此,吉富罗非鱼的营养价值、保健价值和鲜味也应该成为育种工作的指标。总体来说,淡水渔业研究中心由 60 个家系经过 2 代选育出的吉富罗非鱼营养成分丰富均衡、味道鲜美,有较高的养殖价值、经济价值和保健作用。

## 参考文献:

- [1] WorldFish Center. GIFT Technology Manual: An aid to Tilapia selective breeding [R]. WorldFish Center Penang Malaysia, 2004, 6.
- [2] 李思发,李晨虹,李家乐. 尼罗罗非鱼五品系生长性能评估 [J]. 水产学报, 1998, 22(4): 314—321.
- [3] 李思发,李晨虹,李家乐,等. 尼罗罗非鱼选育三代效果评价 [J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(4): 289—292.
- [4] 郝淑贤,李来好,杨庆贤,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.
- [5] 李世杰,李瑞伟,宋文东,等. 两种罗非鱼的营养成分研究 [J]. 海洋与渔业, 2008, 10: 7—9.
- [6] 马国红,张延华,师吉华,等. 新吉富罗非鱼的含肉率及营养价值评定 [J]. 长江大学学报:自然科学版, 2008, 12: 35—44.
- [7] Marc J M Rutter, Henk Bovenhuis, Hans Komen. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.) [J]. Aquaculture, 2004 (231): 113—122.
- [8] 张昌颖,李亮,李昌甫. 生物化学 [M]. 2版. 北京:人民卫生出版社, 1988: 305—561.
- [9] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所. 食品成分表 [M]. 北京:人民卫生出版社, 1991.
- [10] 严安生,熊传喜,钱健旺,等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究 [J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80—84.
- [11] 陈建明,叶金云,潘茜. 翘嘴红鲌肌肉营养组成分析 [J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2003, 22(4): 314—317.
- [12] 梁银铨,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.
- [13] 杨兴丽,周晓林,常东洲,等. 池养与野生黄颡鱼肌肉营养成分分析 [J]. 水利渔业, 2004, 24(5): 17—18.
- [14] 陈少莲,胡传林,华元渝. 鲢、鳙肌肉生化成分的分析 [J]. 水生生物学集刊, 1993, 8(1): 125—131.
- [15] 温小波,库天梅,李伟国. 4种优质底栖淡水鱼类肌肉营养成分的比较 [J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(2): 99—103.
- [16] 顾若波,闻海波,徐钢春. 花鲢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.
- [17] 邵旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(2): 211—215.
- [18] Seifter E. Amino acid function in treatment [J]. Surgery, 1978, 84: 224—227.
- [19] 于辉,李华,刘为民,等. 梁子湖三种鲃肉质分析 [J]. 水生生物学报, 2005, 29(5): 502—506.
- [20] 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(4): 18—21.
- [21] Mattson F H. 单不饱和脂肪酸的作用 [J]. 国外医学卫生分册, 1990, (3): 160—162.
- [22] 舒妙安,马有智,张建成. 黄鳍肌肉营养成分的分析 [J]. 水产学报, 2000, 24(4): 339—344.
- [23] 陆清儿,冯晓宇,刘新轶,等. 丁鲷与鲫鱼肌肉营养成分组成和含量比较分析 [J]. 饲料研究, 2006, 3: 50—52.
- [24] 张强. 尖海龙与日本海马脂肪的提取分析 [J]. 分析化学, 1996, 24(2): 139—143.
- [25] 柳琪,藤箴,张炳春. 中华倒刺鲃氨基酸和微量元素的分析研究 [J]. 氨基酸和生物资源, 1995, 17(1): 18—21.
- [26] Ogino C. Requirement of carp and rainbow trout for essential amino acids [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1980, 46: 171—174.
- [27] Halver J E, Tidwell K. Finfish nutrition and fish feed technology [M]. Bedin, Hemmen, Cimh and Co, 1979: 145—146.
- [28] 张本,陈国华. 4种石斑鱼氨基酸组成的研究 [J]. 水产学报, 1996, 20(2): 111—119.