

布氏罗非鱼肌肉营养成分分析与评价

赵婷婷^{1,2}, 刘奕¹, 汪学杰¹, 刘超¹, 胡隐昌¹, 罗建仁^{1*}

(1.中国水产科学研究院珠江水产研究所农业部热带亚热带水产资源利用与养殖重点实验室, 广东 广州 510380;
2.上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

摘要: 为科学评价布氏罗非鱼(*Tilapia buttikoferi*)的营养价值, 采用常规方法检测布氏罗非鱼肌肉的营养成分, 并与同科经济鱼类和常见的优质淡水鱼类进行比较。结果表明: 布氏罗非鱼肌肉中的水分、粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分分别为 80.43%、18.63%、0.50%和 1.28%; 在肌肉(干样)中共测得 16 种氨基酸, 总含量为干质量的 82.03%, 其中包含 7 种人体必需氨基酸(EAA), 占氨基酸总量(TAA)的 40.70%; 必需氨基酸指数(EAAI)为 73.43%, 符合 FAO/WHO 所规定的人体必需氨基酸的均衡模式; 限制性氨基酸为 Met+Cys 和 Val; 特征性鲜味氨基酸(FAA)含量为 32.13%; 不饱和脂肪酸共 10 种, 总量为 65.09%, 其中油酸和亚油酸分别为 28.18%和 17.09%, 并且含有丰富的 DHA 和鱼油中相对缺乏的 DPA, 含量分别为 3.32%和 2.78%。综合分析, 布氏罗非鱼营养丰富, 具有优良的食用价值。

关键词: 布氏罗非鱼; 肌肉; 营养成分; 营养评价

中图分类号: R151.3; S965.125 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)02-0184-06

Analysis and assessment for nutritional components of *Tilapia buttikoferi*

Zhao Tingting^{1,2}, Liu Yi¹, Wang Xuejie¹, Liu Chao¹, HuYinchang¹, Luo Jianren^{1*}

(1.Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Tropical & Subtropical Fishery Resource Application & Cultivation, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510380; 2.College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to make a scientific evaluation for the nutritional value of *Tilapia buttikoferi*, based on nutritional components analysis, a comparison was made between the fish and some economic fishes coming from the same family and other freshwater fishes with common quality. The results showed that the content of moisture, crude protein, crude fat and crude ash in the fish fresh muscle was 80.43%, 18.63%, 0.5% and 1.28%, respectively. 16 kinds of amino acids were found in dry muscle, 7 out of them were essential amino acids (EAA). The content of total amino acids (TAA) was 82.03%, and the ratio of EAA to TAA was 40.70%. The essential amino acid index (EAAI) was 73.43%, meeting the high-quality protein standard guided by the Food and Agriculture Organization and World Health Organization (FAO/WHO). Methionine, cysteine and valine, three limiting amino acids were also found. The content of flavor amino acids (FAA) was 32.13%. There were ten kinds of unsaturated fatty acids, accounting for 65.09% of dry muscle, among of them, oleic acid and linoleic acid, with richness in DHA and DPA, were 28.18% and 17.09%, respectively, and the content of DHA and DPA (relatively lack in fish oil), were 3.32% and 2.78%, respectively. In general, *T. buttikoferi*, a good freshwater fish with high nutritional value, has a good prospect for edibility.

Keywords: *Tilapia buttikoferi*; muscle; nutritional components; nutritional assessment

布氏罗非鱼(*Tilapia buttikoferi*)又名布氏鲷、非洲十间, 隶属于鲈形目(Perciformes), 丽鱼科

(Cichlidae), 原产于非洲西部, 20 世纪 90 年代初作为观赏鱼引入中国。布氏罗非鱼体表分布有黑色至深灰色的宽条纹, 色泽鲜艳艳丽, 具有适应能力强、易于饲养等特点^[1]。布氏罗非鱼生长速度快, 肉质细嫩, 味道鲜美, 无肌间刺并且腥味较少, 近年来逐渐被开发成为食用品种^[2]。同时随着人工繁殖技术的提高及市场需求量的增加, 布氏罗非鱼人工养殖规模日趋扩大, 甚至在气温较低的北方地区也有养殖成功的报道^[3], 是一种具开发潜力的淡水养殖鱼类。

目前, 国内外对布氏罗非鱼的研究仅限于资源分布调查^[4-5]、群体遗传结构分析^[1]、染色体核型分析^[2]和增养殖技术^[6-7]等方面。作为食用品种, 关于其营养成分的分析及营养价值评定的相关研究尚少。笔者拟通过分析布氏罗非鱼肌肉的营养成分, 评估其营养价值, 旨在为其在食用方面的合理开发利用及营养学研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试布氏罗非鱼取自中国水产科学研究院珠江水产研究所广东淡水鱼种质资源库。挑选健康无病害的 2 龄养殖个体共 10 尾用于检测分析。所选个体的平均体重为(414.67±13.29) g, 平均体长为(20.33±2.46) cm。养殖投喂的饵料购于广东泰峰饲料有限公司(产品成分: 粗蛋白 44.0%, 粗脂肪 5.0%, 粗灰分 18.0%, 粗纤维 4.0%, 赖氨酸 2.5%, 含硫氨基酸 1.1%, 食盐 0.3%~3.0%, 钙 1.0%~4.0%, 总磷 0.8%~3.0%)。每日投喂 2 次。

1.2 样品处理

将供试活体解剖后取肌肉并分为两部分: 一部分用绞肉机打碎, 于 100~105 °C 的烘箱中烘干至恒重后置于干燥器中保存, 用于后续常规营养成分和氨基酸组成的测定; 另一部分冷冻干燥保存, 用于脂肪酸的测定。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 常规营养成分的测定

水分含量采用温度 101~105 °C 直接干燥法(GB 5009.3—2010)测定; 粗蛋白质采用凯氏定氮法(GB 5009.5—2010)测定; 粗脂肪采用索氏抽提法(GB/T

5009.6—2003)测定; 粗灰分采用高温灰化法(GB 5009.4—2010)测定。

1.3.2 氨基酸的测定

采用盐酸水解法(GB/T 5009.124—2003), 用氨基酸自动分析仪对水解氨基酸进行测定。

1.3.3 脂肪酸的测定

脂肪酸用气相色谱分析法(GB/T 9695.2—2008)进行测定, 用面积归一化法求得各脂肪酸的相对百分含量, 测量结果与同科经济鱼类和常见的优质淡水鱼类的结果进行比较。

1.4 肌肉营养价值评价

根据 1973 年联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)建议的评分标准模式^[8]和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所于 1991 年提出的鸡蛋蛋白模式^[9], 用以下公式计算氨基酸评分(comprehensive evaluation in amino acids score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)。

$AAS = \text{检测样品中氨基酸含量} / ([\text{FAO/WHO 评分模式} \text{中同种氨基酸含量}])$;

$CS = \text{检测样品中氨基酸含量} / \text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}$;

$$EAAI = [(\text{Val}^t / \text{Val}^s) \times 100 \times (\text{Met}^t / \text{Met}^s) \times 100 \cdots]^{1/n}$$

上式中: n 表示进行比较的必需氨基酸(EAA)的个数; t 为检测样品中 EAA(以 N 计, mg/g); s 为鸡蛋蛋白中对应的 EAA(以 N 计, mg/g)。

1.5 数据处理

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析, 结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 布氏罗非鱼的常规营养成分

从表 1 可知, 布氏罗非鱼的粗蛋白质含量为 18.63%, 高于同科其他经济鱼类和常见的优质淡水鱼类, 但粗脂肪含量却远低于进行比较的几种鱼类; 水分含量为 80.43%, 除低于草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)外, 均高于其他经济鱼类; 粗灰分含量为 1.28%, 低于鲫(*Carassius auratus*)和吉富罗非鱼(*Oreochromis niloticus*), 高于其他鱼类。

表 1 布氏罗非鱼与同科其他经济鱼类和常见的优质淡水鱼类(鲜物质基础)的营养成分

Table 1 Basic nutritional components in *T.buttkoferi*, some economic fishes coming from the same family and other freshwater fishes with common quality (fresh matter)

种类	水分/%	粗蛋白质/%	粗脂肪/%	粗灰分/%
布氏罗非鱼(<i>Tilapia buttkoferi</i>)	80.43±0.13	18.63±0.33	0.50±0.02	1.28±0.04
奥利亚罗非鱼(<i>Oreochromis aureus</i>) ^[10]	78.53	18.01	2.26	1.19
尼罗罗非鱼(<i>Oreochromis niloticus</i>) ^[10]	80.85	15.38	1.75	1.07
红罗非鱼(<i>Oreochromis sp.</i>) ^[11]	79.70	17.30	1.08	0.79
吉富罗非鱼(<i>Oreochromis niloticus</i>) ^[12]	79.05	17.03	1.12	2.27
草鱼(<i>Ctenopharyngodon idellus</i>) ^[13]	81.59	15.94	0.62	1.22
鲢(<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>) ^[14]	78.08	15.97	3.89	1.15
鳙(<i>Aristichthys nobilis</i>) ^[15]	80.18	15.84	2.27	1.20
鲫(<i>Carassius auratus</i>) ^[13]	80.28	15.74	1.58	1.64
鲤(<i>Cyprinus carpio</i>) ^[13]	79.58	16.52	2.03	1.18

表格中与布氏罗非鱼相比较的其他鱼类均为上市规格。

由表 1 可知,布氏罗非鱼粗蛋白质的含量高于全鸡蛋蛋白(12.80%)^[16]及奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aureus*)、红罗非鱼(*Oreochromis sp.*)、尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)、草鱼、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、鲫和鲤(*Cyprinus carpio Linnaeus*),但粗脂肪含量(0.50%)却低于这几种鱼,表明布氏罗非鱼肌肉具有“高蛋白,低脂肪”特征,符合健康营养需求。

2.2 氨基酸组成和营养评分

2.2.1 氨基酸组成

由表 2 可知,布氏罗非鱼肌肉氨基酸总含量

(TAA)为 82.03%(干重),通过酸水解法测得 16 种氨基酸(Trp 因在酸处理过程中分解而未检测到),其中包含 7 种 EAA,分别是 Ile、Leu、Thr、Val、Met、Phe、Lys, EAA 含量为 33.38%; 9 种非必需氨基酸(NEAA),分别是 Asp、Ser、Glu、Gly、Ala、Tyr、Pro、His、Arg。所有氨基酸中以 Glu 含量最高,为 13.67%; 其次为 Asp; His 含量最低,为 1.42%。EAA 含量占 TAA 的 40.70%, EAA 与 NEAA 的比值(E/N)为 68.63%。特征性鲜味氨基酸(FAA)含量为 32.13%,占 TAA 的 39.17%。

表 2 布氏罗非鱼氨基酸组成(干物质基础)

Table 2 Composition of amino acids in *T.buttkoferi* (dry matter)

氨基酸	含量	氨基酸	含量	%
天冬氨酸(Asp ^{**})	8.99±0.21	蛋氨酸(Met [*])	2.70±0.09	
谷氨酸(Glu ^{**})	13.67±0.34	缬氨酸(Val [*])	4.07±0.15	
甘氨酸(Gly ^{**})	4.14±0.19	赖氨酸(Lys [*])	8.28±0.18	
丙氨酸(Ala ^{**})	5.33±0.14	异亮氨酸(Ile [*])	3.71±0.11	
酪氨酸(Tyr)	3.03±0.06	苯丙氨酸(Phe [*])	3.53±0.07	
组氨酸(His)	1.42±0.37	亮氨酸(Leu [*])	7.10±0.17	
丝氨酸(Ser)	3.48±0.08	苏氨酸(Thr [*])	3.99±0.11	
精氨酸(Arg)	5.26±0.17	氨基酸总量(TAA)	82.03±2.27	
脯氨酸(Pro)	3.32±0.13			
E/T	40.70			
F/T	39.17			
E/N	68.63			

“*”为人体必需氨基酸; “**”为鲜味氨基酸; E/T为必需氨基酸占总氨基酸的比值; F/T为鲜味氨基酸占总氨基酸的比值; E/N为必需氨基酸与非必需氨基酸的比值。

氨基酸是维持生物体正常生长发育不可缺少的营养物质,主要用于合成蛋白质、维持氮平衡,

也是构成体内各种酶、抗体及某些激素的原料^[17]。本研究在布氏罗非鱼肌肉中共检测出 16 种氨基酸,

其种类与丽鱼科鱼类尼罗罗非鱼和奥利亚罗非鱼^[10]及常见淡水食用鱼类,如草鱼、鲢、鳙、鲫及鲤相近^[14,18],同时也与大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)^[19]、大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)^[20]和银鲳(*Pampus argenteus*)^[21]等海鱼类肌肉具有相近的氨基酸组成,说明布氏罗非鱼肌肉氨基酸组成达到食用鱼类水平,可以满足食用需求。

布氏罗非鱼的 TAA 为 82.03%,高于同科的奥利亚罗非鱼、红罗非鱼、吉富罗非鱼,并高于草鱼、鲢、鳙等(表 3),也高于翘嘴鲈(*Siniperca scherzeri*, 77.64%)和斑鲈(*Siniperca scherzeri* 81.29%)等其他经济鱼类^[22]。氨基酸中以 Glu 的含量最高(13.67%),其次为 Asp(8.99%)。Glu 在人体组织代谢过程中起解除氨毒害的作用^[23],也是参与脑组织生化代谢和多种生理活性物质合成的重要氨基酸^[24]。Asp 对心肌具有保护作用,也可增强肝脏功能,消除疲劳^[25]。含量最高的 Glu 和 Asp 同属 FAA,还具有呈鲜味的特征,并且 Glu 是决定肌肉的鲜美程度的主要因素之一^[26]。布氏罗非鱼的总 FAA 含量高于同科的尼罗罗非鱼、奥利亚罗非鱼、红罗非鱼、吉富罗非鱼,也高于草鱼、鳙和鲢等其他经济鱼类,说明布氏罗非鱼不但营养丰富,还具有鲜美的风味。

表 3 布氏罗非鱼与同科及常见经济鱼类的氨基酸含量

种类	氨基酸总量		鲜味氨基酸 (FAA)
	(TAA)	必需氨基酸 (EAA)	
布氏罗非鱼	82.03	33.38	32.13
尼罗罗非鱼 ^[27]	83.67	36.08	31.73
吉富罗非鱼	75.44	30.37	29.55
奥利亚罗非鱼 ^[27]	79.98	33.79	31.82
红罗非鱼 ^[11]	81.37	35.59	31.54
草鱼 ^[14]	66.40	27.78	25.47
鲢 ^[14]	62.62	26.31	24.06
鳙 ^[14]	64.78	27.32	24.65
鲫鱼 ^[18]	67.31	26.78	27.56
鲤鱼 ^[13]	79.84	31.73	32.14

2.2.2 氨基酸评分及化学评分

与 FAO/WHO 所规定的人体必需氨基酸均衡模式和全鸡蛋蛋白模式相比较,发现布氏罗非鱼 EAA 总量高于 FAO/WHO 模式,但稍低于鸡蛋蛋白质的氨基酸模式。从表 4 可见, Lys 的氨基酸和化学评分最高,分别为 1.52 和 1.17。Met+Cys 的评分最低, Val 次之,说明布氏罗非鱼的第一限制性氨基酸为 Met+Cys,第二限制性氨基酸为 Val。

表 4 布氏罗非鱼的氨基酸评分和化学评分

必需氨基酸	测定含量/(mg·g ⁻¹)	FAO/WHO 评分模式规定值	全鸡蛋蛋白评分规定值	AAS	CS
异亮氨酸 Ile	232.07	250	331	0.93	0.70
亮氨酸 Leu	443.94	440	534	1.01	0.83
苏氨酸 Thr	249.58	250	292	1.00	0.85
缬氨酸 Val**	254.37	310	411	0.82	0.62
蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys*	168.86	220	386	0.77	0.44
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	410.00	380	565	1.08	0.73
赖氨酸 Lys	517.24	340	441	1.52	1.17
合计	2 276.06	2 190	2 960		
必需氨基酸指数 EAAI	73.43				

为第一限制性氨基酸;*为第二限制性氨基酸。

人体自身不能合成 EAA,需从食物中摄取和补充^[28],因此通常用 EAA 的 AAS 和 CS 来衡量食物的营养价值^[26]。布氏罗非鱼的 AAS 值均接近或大于 1,CS 值均大于 0.5(除蛋氨酸+胱氨酸外),表明布氏罗非鱼氨基酸组成均衡。布氏罗非鱼的 E/T 值为 40.70%,E/N 值为 68.63%,说明其符合 FAO/WHO 规定的理想蛋白源的要求^[29]。同时布氏罗非鱼的 EAAI(73.43%)高于同科的奥利亚罗非鱼(72.47%)^[27]、

红罗非鱼(61.91%)^[11],也高于草鱼(61.53%)^[14]、鲢(60.38%)^[14]、鳙(60.08%)^[14]、鲫(58.22%)^[18]和鲤(71.88%)^[18],说明布氏罗非鱼的氨基酸含量均衡且丰富。综合可见,布氏罗非鱼肌肉蛋白属于营养意义上的优质蛋白质。

布氏罗非鱼肌肉 EAA 中 Lys 的含量最高,为 8.28%。Lys 有助于提高钙的吸收和积累,能促进幼儿生长和发育^[31],被称为“生长性氨基酸”,同时也

是一般谷类蛋白质和人乳的第一限制性氨基酸^[26]。布氏罗非鱼 Lys 含量较高,可弥补以谷物为主食所引起的 Lys 摄入不足,提高蛋白质的利用率并调节营养平衡^[31],也可以开发为优质的催乳食品^[32]。布氏罗非鱼肌肉的限制性氨基酸为 Met+Cys 和 Val,这一结果与尼罗罗非鱼^[22]、草鱼^[14]、鳙^[14]、鲫^[18]和鲤^[18]的结果相近,可能是由于食性及生活环境相近或投喂饲料组成相似,导致某种氨基酸摄入量少所致。

2.3 脂肪酸组成

从表 5 可以看出 检测所得脂肪酸的种类较少,且含量较低。肌肉中共检测出 17 种脂肪酸,其中饱和脂肪酸(SFA)7 种,含量为 34.91%;不饱和脂肪酸(UFA)含量为 65.09%,共 10 种,包括 3 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 7 种多不饱和脂肪酸(PUFA,具体为亚油酸、亚麻酸、花生二烯酸、花生四烯酸、二十二碳四烯酸、DPA 和 DHA)。

表 5 布氏罗非鱼的脂肪酸组成

脂肪酸	含量/%
豆蔻酸	3.22±0.06
十五烷酸	0.46±0.02
棕榈酸	19.58±0.33
硬脂酸	7.71±0.16
花生酸	1.53±0.32
山萘酸	1.64±0.24
二十三烷酸	0.77±0.01
∑SFA	34.91±0.14
棕榈一烯酸	5.34±0.29
油酸	28.18±1.12
花生一烯酸	1.28±0.02
∑MUFA	34.80±0.57
亚油酸	17.09±0.64
亚麻酸	0.93±0.06
花生二烯酸	0.98±0.02
花生四烯酸	2.98±0.25
二十二碳四烯酸	2.21±0.08
DPA	2.78±0.06
DHA	3.32±0.06
∑PUFA	30.29±0.22
SFA/UFA	53.63

SFA 中棕榈酸的比例最高,含量为 19.58%;十五烷酸的比例最低,含量为 0.46%;MUFA 中硬脂酸比例最高,含量为 28.18%;花生酸的比例最低,含量为 1.28%。SFA/UFA 为 53.63%,说明不饱和脂

肪酸含量高于饱和脂肪酸的含量。

3 结论与讨论

布氏罗非鱼肌肉中的蛋白质和氨基酸的含量较高,EAA 组成相对平衡且含量丰富,符合 FAO/WHO 所规定的人体必需氨基酸的均衡模式;FAA 含量丰富,脂肪含量低,富含油酸、亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸和 DHA 等人体必需的脂肪酸,含有鱼油中相对缺乏的 DPA(2.78%),表明布氏罗非鱼营养价值较高,口味鲜美。

脂肪酸是维持细胞的正常生理功能所不可缺少的营养物质^[33],在人体中具有酯化胆固醇、降低血液黏稠度及提高脑细胞活性等生理功能^[34]。布氏罗非鱼的 UFA 总含量为 65.09%,高于同科的尼罗罗非鱼、奥利亚罗非鱼、红罗非鱼^[10]和吉富罗非鱼^[12],其中,油酸和亚油酸含量较高,分别为 28.18%和 17.09%。油酸、亚麻酸、花生四烯酸和 DHA 是动物体自身不能合成的脂肪酸,即必需脂肪酸。油酸可降低血液总胆固醇和有害胆固醇含量,降低低密度脂蛋白(LDL-C)水平和冠状心脏病发生几率^[26];亚油酸在体内可以衍生为花生四烯酸(C20-4, AA),能显著降低血液胆固醇,改善血液循环,预防动脉粥样硬化,对心血管疾病有较好的防治作用;亚麻酸可衍生为二十碳五烯酸(C20-5, EPA)和二十二碳六烯酸(C22-6, DHA)等长链多不饱和脂肪酸,能高度增强智力,抑制过敏反应及脑出血,可降血脂和血压,对脑神经功能及视网膜功能具有很好的保护作用^[35]。由于布氏罗非鱼脂肪含量较低,所以测得的脂肪酸的量有限,但是在含量较低的脂肪酸中必需脂肪酸的含量仍相对较高,表明布氏罗非鱼是一种健康的膳食鱼类。

在鱼类肌肉营养成分鉴定的过程中,鱼体的规格、养殖环境和饲料营养成分都对鱼的常规营养成分、氨基酸和脂肪酸组成产生影响^[36]。在大规模的人工养殖推广过程中,为了保证布氏罗非鱼的优良品质,在后续人工饲料的开发中应注意各种营养成分的配合及均衡。

参考文献:

- [1] 牟希东,李小慧,胡隐昌,等.布氏罗非鱼微卫星位点筛选和群体遗传多样性分析[J].生物技术通报,2009(增刊 1):236-241.

- [2] 汪学杰, 牟希东, 胡隐昌, 等. 布氏鲷形态特征和染色体核型的研究[J]. 大连水产学院学报, 2010, 25(2): 187-190.
- [3] 尤宏争, 张勤, 谢刚, 等. 北方地区布氏鲷的养殖技术初探[J]. 中国水产, 2014(1): 57-59.
- [4] Ergens R. Nine species of the genus *Cichlidogyrus paperna*, 1960(Monogenea Ancyrocephalinae) from Egyptian fishes[J]. Folia Parasitol, 1981, 28(3): 205-214.
- [5] Pariselle A, Euzet L. Five new species of *Cichlidogyrus* (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Tilapia brevimanus*, *T. buttkoferi* and *T. cessiana* from Guinea, Ivory Coast and Sierra Leone (West Africa)[J]. Folia Parasitologica, 1998, 45: 275-282.
- [6] 汪学杰, 胡隐昌, 牟希东. 非洲十种的繁殖技术[J]. 科学养鱼, 2011(8): 71.
- [7] 何小燕, 袁显春, 潘志, 等. MS-22 对布氏鲷幼鱼的麻醉效果研究[J]. 四川动物, 2013(5): 729-733.
- [8] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [9] 中国预防科学院营养与卫生研究所. 食品成分表[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991: 38-78.
- [10] 郝淑贤, 李来好, 杨贤, 等. 5 种罗非鱼营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2007, 29(6): 614-615, 618.
- [11] 陈寅山, 戴聪杰. 红罗非鱼肌肉的营养成分分析[J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 2003, 19(4): 62-66.
- [12] 缪凌鸿, 刘波, 何杰, 等. 吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 635-641.
- [13] 刘建康. 东湖生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 307-311.
- [14] 梁银铨, 崔希群, 刘友亮. 鳊鱼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.
- [15] 陈少莲, 胡传林, 华元渝. 鲢、鳊肌肉生化成分的分析[J]. 水生生物学集刊, 1983, 8(1): 125-132.
- [16] 李思发, 蔡完其, 邹曙明, 等. 阳澄湖中华绒螯蟹品质分析[J]. 中国水产科学, 2000, 7(3): 72-74.
- [17] 艾朝辉, 郭玲, 何萌. 地杨桃中游离氨基酸的分析[J]. 中国热带医学, 2005, 5(7): 1440-1441.
- [18] 张銮光, 吕宪禹, 鲍建国, 等. 鲤、鲫肌肉水解氨基酸和游离氨基酸的初步研究[J]. 水生生物学报, 1988, 12(2): 182-185.
- [19] 李明云, 郑岳夫, 管丹东, 等. 大黄鱼四家系肌肉营养成分差异及品质选育分析[J]. 水产学报, 2009, 33(4): 632-638.
- [20] 王远红, 吕志华, 郑桂香, 等. 大菱鲆的营养成分分析[J]. 营养学报, 2003, 25(4): 438-440.
- [21] 赵峰, 庄平, 施兆鸿, 等. 银鲟 4 野生群体肌肉营养成分的比较分析与评价[J]. 动物学杂志, 2009, 44(5): 117-123.
- [22] 苏胜齐, 张海琪, 何中, 等. 翘嘴鲈和斑鲈肌肉营养成分及氨基酸组成比较[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(6): 898-901.
- [23] 孙中武, 李超, 尹洪滨, 等. 不同品系虹鳟的肌肉营养成分分析[J]. 营养学报, 2008, 30(3): 298-302.
- [24] 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.
- [25] 史清华, 李科友. 苦杏仁中氨基酸的成分分析[J]. 陕西林业科技, 2002(2): 32-34.
- [26] 徐善良, 王丹丽, 徐继林, 等. 东海银鲟(*Pampus argenteus*)、灰鲟(*P. cinereus*)和中国鲟(*P. sinensis*)肌肉主要营养成分分析与评价[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(4): 775-782.
- [27] 秦培文, 李瑞伟, 王辉, 等. 四种罗非鱼肌肉氨基酸组成及营养价值评定[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(2): 173-176.
- [28] 马爱军, 陈四清, 雷霖霖, 等. 大菱鲆鱼体生化组成及营养价值的初步探讨[J]. 海洋水产研究, 2003, 24(1): 11-14.
- [29] 刘世禄, 王波, 张锡烈, 等. 美国红鱼的营养成分分析与评价[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 25-32.
- [30] 邴旭文, 蔡宝玉, 王利平, 等. 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.
- [31] 严安生, 熊传喜, 钱健旺, 等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值研究[J]. 华中农业大学学报, 1995, 14(1): 80-84.
- [32] 徐革锋, 王裕玉, 白庆利, 等. 江鳊肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 动物营养学报, 2013, 25(12): 3027-3032.
- [33] 王炜, 张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性[J]. 中国食物与营养, 2005(4): 44-46.
- [34] 黄凤洪, 黄庆德, 刘昌盛, 等. 脂肪酸的营养与平衡[J]. 食品科学, 2004(增刊 1): 264-267.
- [35] 李英霞, 武继彪, 钟方晓. α -亚麻酸的研究进展[J]. 中草药杂志, 2001, 32(7): 667-669.
- [36] 周飘苹, 金敏, 吴文俊, 等. 不同养殖模式、投喂不同饵料及不同品系大黄鱼营养成分比较[J]. 动物营养学报, 2014, 26(4): 969-980.

责任编辑: 苏爱华

英文编辑: 王 库