

鳊鱼肌肉营养成分测定及评价

王苗苗¹, 王海磊¹, 罗庆华^{1,*}, 向建国², 吴沛霖³, 黄美娥⁴

(1.吉首大学 林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000; 2.湖南农业大学动物科技学院, 湖南 长沙 410128;
3.中南民族大学生命科学院, 湖北 武汉 430074; 4.湖南省食品药品职业学院, 湖南 长沙 410000)

摘要: 分析评价了配合饲料网箱养殖鳊鱼肌肉的一般营养成分、氨基酸、脂肪酸和矿物质含量。结果表明: 鳊鱼的平均含肉率为74.69%, 肌肉中的水分、蛋白质、脂肪和灰分含量分别为72.87%、18.61%、6.60%和1.10%; 17种氨基酸总量为75.87%, 其中呈味氨基酸含量总量高至28.91%, 赖氨酸含量最高为7.76%, 必需氨基酸指数为94.08; 鳊鱼肌肉中共检出18种脂肪酸, 包括神经酸, 其中单不饱和脂肪酸含量为57.07%, 多不饱和脂肪酸含量为19.54%, *n*-3与*n*-6系列脂肪酸比值为1.21, 二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸总量达到8.67%。肌肉中所测10种矿物质元素, 硒含量丰富。配合饲料养殖鳊鱼肌肉营养价值很高, 其脂肪与蛋白质质量优于野生鳊鱼与饵料鱼养殖鳊鱼。
关键词: 鳊鱼; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸; 矿物质

Analysis and Evaluation of Nutrient Components in Muscle of Yellow Cheek Carp

WANG Miao-miao¹, WANG Hai-lei¹, LUO Qing-hua^{1,*}, XIANG Jian-guo², WU Pei-lin³, HUANG Mei-e⁴

(1. Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie 427000, China;
2. College of Animal Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;
3. College of Life Sciences, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China;
4. Hunan Food and Drug Vocational College, Changsha 410000, China)

Abstract: The nutritional value and nutritional components of the muscle of yellow cheek carp cultured in cages with compound feed were determined and analyzed using routine methods. The contents of general nutritional components, fatty acids and amino acids were compared between yellow cheek carp and several other economical fishes. The results showed that the flesh content of yellow cheek carp was 74.69%, and the contents of water, protein, fat and ash in its flesh were 72.87%, 18.61%, 6.60% and 1.10% respectively. The contents of 17 amino acids, taste-active amino acids and lysine relative to the dry matter of the flesh were 75.87%, 31.44% and 7.76%, respectively and the necessary amino acids index was 94.08. A total of 18 kinds of fatty acids including nervonic acid were detected in the flesh of the fish by GS-MS, and the relative contents of saturated fatty acid (SFA), monounsaturated fatty acid (MUFA), and polyunsaturated fatty acid (PUFA) were 23.36%, 57.07% and 19.54%, respectively, with a *n*-3/*n*-6 ratio of 1.21 and EPA and DHA together accounting 8.67% of total fatty acids. Ten mineral elements were detected in its muscle with selenium being more abundant. The muscle nutritional value as well as protein and fat contents of yellow cheek carp cultured in cages with compound feed are higher than those of wild yellow cheek carp and cultured yellow cheek carp fed with bait fish.

Key words: yellow cheek carp (*Elopichthys bambusa*); nutrient components; amino acid; fatty acids; minerals

中图分类号: S986.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2014)15-0238-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201415048

鳊鱼(*Elopichthys bambusa*)隶属鲤形目, 鲤科, 雅罗鱼亚科, 鳊属, 是我国少有的土著大型凶猛肉食名贵鱼类之一。鳊鱼肉质鲜美, 蛋白质和脂肪含量高, 胆固醇低, 被列为上等食用鱼类, 其肉入药鲜用, 具有暖中、益胃、止呕等功效, 主治脾胃虚弱、反胃吐食等症^[1]。

鳊鱼曾经在我国江河湖泊等淡水区域非常常见, 由于其为肉食性鱼类, 需要捕食其他鱼类为生, 因此, 长期被人们当做害鱼而过度捕捞清除^[2], 除此之外, 再加上水电站、水坝等水利建设及水域环境的污染破坏等因素, 而造成其天然数量急剧下降^[3-4]。为了增殖鳊鱼资

收稿日期: 2014-04-16

基金项目: 2012年度国家星火计划项目(2012GA770003); 湖南省科技计划项目(2014NK3059)

作者简介: 王苗苗(1988—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工。E-mail: wangmiaomiaoli@163.com

*通信作者: 罗庆华(1970—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为林业工程。E-mail: lqh700930@126.com

源,我国水产工作者全面开展了鳊鱼的人工繁殖和养殖技术的研究^[5-7]。仿生态饵料鱼养殖技术较为成熟,现探索配合饲料网箱养殖鳊鱼模式^[8]。仅有少数文献报道了野生鳊鱼和饵料鱼养殖鳊鱼的营养成分^[9-11],配合饲料网箱养殖鳊鱼的营养成分尚未见报道,对该养殖模式的鳊鱼产品进行营养成分分析,为优化配合饲料配方以及产品的利用提供基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

鳊鱼由张家界慈姑生态农业科技有限公司提供,9月取于慈利县黄石水库,配合饲料网箱养殖。

硫酸铜、硫酸钾、硫酸、氢氧化钠、石油醚、无水乙醇、盐酸、氢氧化钾、甲醇、正己烷、无水硫酸钠、钼酸铵、偏钒酸铵、2,6-二硝基酚、氨水、环己烷、氧化铜等均为国产分析纯;硫酸二氢钾标准品、硝酸、高氯酸均为优级纯。

1.2 仪器与设备

L-8900氨基酸分析仪、U-3900紫外可见分光光度计、T-7000 FL荧光分光光度计 日本日立公司;AA-680原子吸收分光光度计 日本岛津公司;KDN-A2智能型定氮仪 上海新嘉电子有限公司;7890A-5975C型气相色谱-质谱联用仪 美国安捷伦公司。

1.3 方 法

10尾鳊鱼(雌雄各5尾),分别取背腹部肌肉,洗净后用滤纸将水吸干,切成1~2 cm肉片,用绞肉机绞碎,一部分置于超低温冰箱中24 h,冷冻干燥,保存在干燥器中,供矿物质、氨基酸和脂肪酸测定。另一部分烘箱干燥用于一般营养成分测定。

1.3.1 含肉率测定

先测定鱼的体长、体高和体质量后,去除鱼头、鳍、皮肤、内脏和骨骼等非肉质部分,再测其纯肉质量。含肉率按下式计算。

$$\text{含肉率}/\% = \frac{\text{鱼体肌肉质量}/\text{g}}{\text{鱼体总质量}/\text{g}} \times 100 \quad (1)$$

1.3.2 一般营养成分的测定

直接干燥法(GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》)(105±2)℃测定水分;凯氏定氮法(GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》)测定粗蛋白质;索氏抽提法(GB 5009.6—2010《食品中脂肪的测定》)测定粗脂肪;马福炉灼烧法(GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》)(550±25)℃测定灰分。

1.3.3 氨基酸测定

按GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》方 法使用日立L-8900氨基酸分析仪测定17种氨基酸。

1.3.4 脂肪酸测定

采用气相色谱-质谱联用法。色谱条件:HP-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm)弹性石英毛细管柱,载气为高纯氮;升温程序:初始温度150℃,保持2 min,以5℃/min升温至200℃,再以10℃/min升温至280℃,保持5 min;进样温度300℃;载气流量为1 mL/min;分流比100:1;进样量1 μL;溶剂延迟4 min。质谱条件:EI离子源温度230℃,四极杆温度150℃,电子能量70 eV。通过美国国家标准与技术研究院谱库检索,对脂肪酸进行定性,并采用面积归一化法确定其质量分数,以相对百分含量表示。

1.3.5 矿物质元素的测定

按照GB/T 5413.21—2010《婴幼儿食品和乳品中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜和锰的测定》,火焰原子吸收分光光度法进行测定Fe、Zn、Cu、Mn、K、Na、Ca和Mg;参照GB/T 5009.93—2010《食品中硒的测定》,荧光法测Se;参照GB/T 5413.22—2010《婴幼儿食品和乳品中磷的测定》,分光光度法测P。

1.4 氨基酸评价方法

根据1973年粮食与农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)/世界卫生组织(World Health Organization, WHO)建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式分别按以下公式计算氨基酸评分(amino acid score, AAS)和化学评分(chemical score, CS)。

$$\text{AAS} = \frac{\text{试样中氨基酸含量}/(\text{mg/g pro})}{\text{FAO/WHO评分模式中同种氨基酸含量}/(\text{mg/g pro})} \quad (2)$$

$$\text{CS} = \frac{\text{试样中氨基酸含量}/(\text{mg/g pro})}{\text{鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}/(\text{mg/g pro})} \quad (3)$$

2 结果与分 析

2.1 含肉率的测定结果

表1 鳊鱼和其他几种淡水经济鱼类的含肉率比较($\bar{x} \pm s$, $n=10$)
Table 1 Comparison flesh content between yellow cheek carp and several other economical fishes ($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

鱼类名称	含肉率/%	鱼类名称	含肉率/%
鳊鱼	74.69±1.80	泥鳅 ^[12]	65.95
鳊鱼1 ^[9]	72.13	鲢鱼 ^[13]	61.52
鳊鱼2 ^[10]	77.61	鲤鱼 ^[14]	66.50
草鱼 ^[13]	64.38	鲫鱼 ^[15]	63.63
鳊鱼 ^[14]	67.62	鳙鱼 ^[16]	57.73
白斑狗鱼 ^[14]	59.64	鲈鱼 ^[17]	79.93

注:鳊鱼1.野生鳊鱼;鳊鱼2.饵料鱼养殖鳊鱼。下同。

含肉率见表1,配合饲料养殖鳊鱼的含肉率高于野生鳊鱼,低于饵料鱼养殖鳊鱼,同时,高于泥鳅、鲤鱼、鲫鱼、鳙鱼、草鱼、鲢鱼等几种经济鱼类,也高于鳊鱼、白斑狗鱼等肉食性鱼类,低于鲈鱼。可见该养殖模

式鳊鱼含肉率较高。含肉率是用于衡量鱼类品质、经济性状、生产性能的重要指标之一。含肉率的不同主要与鱼类品种有关，同时还受到生长环境条件、营养条件和自身生理状况等因素的影响。

2.2 一般营养成分

表2 鳊鱼肌肉与其他几种淡水鱼类的基本营养成分分析比较 (鲜样品) ($\bar{x} \pm s, n=10$)

Table 2 Comparison of muscle nutrient composition between yellow cheek carp and several other economical fishes ($\bar{x} \pm s, n=10$)				
鱼类名称	水分/%	蛋白质/%	脂肪/%	灰分/%
鳊鱼	72.87±2.13	18.61±1.51	6.60±0.29	1.10±0.14
鳊鱼1 ^[9]	76.46	20.42	1.95	1.17
鳊鱼2 ^[10]	77.08	18.82	1.65	1.28
青鱼 ^[14]	78.10	19.50	1.69	1.25
草鱼 ^[18]	81.02	16.56	1.40	1.03
鲢鱼 ^[19]	77.69	17.65	3.42	1.13
鳙鱼 ^[16]	80.03	18.06	0.70	1.21
鲤鱼 ^[20]	79.21	17.95	1.58	1.15
鲫鱼 ^[15]	80.28	15.74	1.58	1.64
团头鲂 ^[14]	82.40	16.68	3.36	1.35
鳊鱼 ^[21]	79.03	16.75	1.50	2.67

由表2可知，与野生鳊鱼与饵料鱼养殖鳊鱼比较，配合饲料养殖鳊鱼的水分和灰分占鲜样品的含量低于野生鳊鱼和饵料鱼养殖鳊鱼，蛋白质含量略低于野生鳊鱼，接近于饵料鱼养殖鳊鱼，而脂肪含量高于野生鳊鱼和饵料鱼养殖鳊鱼。与表2其他常见淡水鱼比较，鳊鱼水分含量均低于其他几种鱼类、脂肪含量均高于其他几种鱼类，蛋白质含量除稍低于青鱼外，均高于其他鱼类，灰分含量高于草鱼，而低于其他几种鱼类。鱼肌肉中脂肪含量与其口感有关，且在一定范围内呈正相关关系，即脂肪含量越高，口感越好，该养殖模式鳊鱼肌肉中脂肪含量略高，预计其口感较好。

2.3 氨基酸分析及评价

表3 鳊鱼肌肉的氨基酸组成分析 (干样品) ($\bar{x} \pm s, n=10$)

Table 3 Amino acids composition of muscle of yellow cheek carp (on a dry matter basis) ($\bar{x} \pm s, n=10$)

氨基酸	含量/%	氨基酸	含量/%
天冬氨酸 (Asp) ^x	8.63±0.33	苯丙氨酸 (Phe) ^b	3.52±0.17
苏氨酸 (Thr) ^b	3.85±0.08	赖氨酸 (Lys) ^b	7.76±0.17
丝氨酸 (Ser)	3.10±0.09	组氨酸 (His)	2.19±0.18
谷氨酸 (Glu) ^x	12.18±0.24	精氨酸 (Arg)	4.74±0.08
甘氨酸 (Gly) ^x	3.53±0.11	脯氨酸 (Pro)	2.11±0.13
丙氨酸 (Ala) ^x	4.57±0.18	TAA	75.87
胱氨酸 (Cys)	0.53±0.07	EAA	31.44
缬氨酸 (Val) ^b	3.72±0.22	DAA	28.91
甲硫氨酸 (Met) ^b	2.04±0.12	NEAA	44.43
异亮氨酸 (Ile) ^b	3.48±0.12	EAA/TAA	41.44
亮氨酸 (Leu) ^b	7.06±0.13	DAA/TAA	38.10
酪氨酸 (Tyr)	2.85±0.06	EAA/NEAA	70.76

注：b. 必需氨基酸；x. 鲜味氨基酸；DAA. 鲜味氨基酸 (delicious amino acid) 总量。

表4 鳊鱼肌肉与其他几种经济鱼类的氨基酸含量比较

Table 4 Comparison in compositions of amino acids in muscle between yellow cheek carp and several economical fishes

名称	TAA/%	EAA/%	DAA/%	EAA/TAA	EAA/NEAA	EAAI
鳊鱼	75.87	31.44	28.91	41.44	70.76	94.08
鳊鱼1 ^[9]	86.75	40.18	31.25	46.36	86	72.01
鳊鱼2 ^[10]	80.95	31.57	32.72	38.99	64	86.32
青鱼 ^[15]	60.91	24.71	23.16	40.57	68.26	67.62
草鱼 ^[18]	64.22	27.61	21.86	42.99	75.42	66.10
鲢鱼 ^[15]	63.47	26.31	24.06	41.45	70.80	60.73
鳙鱼 ^[15]	65.73	27.32	24.65	41.56	71.13	68.44
鲤鱼 ^[20]	58.51	24.55	19.65	41.96	72.29	71.25
鳊鱼 ^[15]	77.93	30.61	31.24	39.28	64.69	81.02

由表3可知，鳊鱼肌肉氨基酸总量占干样品的75.87%，略低于野生鳊鱼与饵料鱼养殖鳊鱼，高于青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼、鲤鱼等几种淡水经济鱼类，低于鳊鱼 (表4)。其中必需氨基酸含量为31.44%，以赖氨酸含量最高，甲硫氨酸含量最低，非必需氨基酸以谷氨酸含量最高，胱氨酸含量最低。根据FAO/WHO提出的理想模式，质量较好蛋白质的必需氨基酸的总量 (essential amino acids, EAA) /氨基酸总量 (amount of amino acid, TAA) 的比值在40%左右，EAA/非必需氨基酸 (non-essential amino acids, NEAA) 的比值在60%以上^[22]，配合饲料养殖鳊鱼肌肉的EAA/TAA为41.44%，EAA/NEAA为70.76%，其肌肉氨基酸组成完全符合这一模式，同时，也高于饵料鱼养殖鳊鱼 (表4)，属于质量较好的蛋白质。鳊鱼肌肉中鲜味氨基酸的总量为28.91%，高于表4中青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼和鲤鱼等鱼类，稍低于鳊鱼。鳊鱼肌肉的味道鲜美程度要高于一般淡水鱼类。

表5 鳊鱼肌肉的必需氨基酸含量、AAS、CS及EAAI

Table 5 Evaluation of essential amino acid composition of muscle of yellow cheek carp

必需氨基酸	FAO评分模式/ (mg/g pro)	全鸡蛋模式/ (mg/g pro)	含量/ (mg/g pro)	AAS	CS
异亮氨酸	40	54	46.67	116.67	86.43
亮氨酸	70	86	94.65	135.21	110.06
赖氨酸	55	70	104.09	189.25	148.70
甲硫氨酸+胱氨酸	35	57	34.52	98.63	60.56
苯丙氨酸+酪氨酸	60	93	85.43	142.38	91.86
苏氨酸	40	47	51.56	128.90	109.70
缬氨酸	50	66	49.87	99.74	75.56
EAAI	94.08		支/旁值	2.24	

由表5可知，鳊鱼肌肉的AAS除甲硫氨酸+胱氨酸和缬氨酸外，均大于100，CS均大于50，表明鳊鱼肌肉中氨基酸含量高，且组成比较平衡。鳊鱼肌肉中赖氨酸含量非常高，是全鸡蛋模式和FAO/WHO模式中相应含量的1.49倍和1.89倍，可以补充谷物食品中赖氨酸的不足，也可以作为优质的催乳剂和婴幼儿补充食品。鳊鱼肌肉氨基酸的必需氨基酸指数 (essential amino acid index,

EAAI) 为94.08, 高于野生鳊鱼, 与饵料鱼养殖鳊鱼接近, 高于表4中其他淡水经济鱼类。正常人及其他哺乳动物的支/芳值为3.0~3.5, 当肝脏受到损伤时, 则降为1.0~1.5^[22], 鳊鱼肌肉中氨基酸的支芳值为2.24, 接近正常人和哺乳动物的水平, 同时还具有一定的保肝作用, 属于优质的人体所需蛋白质。根据AAS和CS, 鳊鱼肌肉氨基酸中, 甲硫氨酸+胱氨酸为第一限制性氨基酸, 缬氨酸为第二限制性氨基酸。因此, 在鳊鱼养殖中, 要注意甲硫氨酸和胱氨酸的补充, 同时, 在人类膳食中, 可通过添加或食用富含甲硫氨酸和胱氨酸的食物来改善必需氨基酸的平衡。

2.4 脂肪酸分析

表6 鳊鱼肌肉中脂肪酸组成分析 ($\bar{x} \pm s, n=3$)
Table 6 Fatty acids composition of muscle of yellow cheek carp ($\bar{x} \pm s, n=3$)

脂肪酸	相对含量/%
豆蔻酸 (C _{14:0})	3.21±0.02
十五烷酸 (C _{15:0})	0.48±0.01
棕榈一烯酸 (C _{16:1})	8.66±0.12
棕榈酸 (C _{16:0})	14.98±0.43
十七碳一烯酸 (C _{17:1})	0.66±0.01
十七烷酸 (C _{17:0})	0.73±0.02
亚油酸 (C _{18:2n-6})	6.52±0.14
油酸 (C _{18:1})	38.67±0.76
硬脂酸 (C _{18:0})	3.44±0.11
花生四烯酸 (C _{20:4n-6})	1.05±0.01
二十碳五烯酸 (C _{20:5n-3} , EPA)	3.06±0.03
二十碳三烯酸 (C _{20:3n-6})	1.26±0.01
花生一烯酸 (C _{20:1})	5.14±0.32
花生酸 (C _{20:0})	0.52±0.01
二十二碳六烯酸 (C _{22:6n-3} , DHA)	5.61±0.38
二十二碳五烯酸 (C _{22:5n-3})	2.04±0.21
芥酸 (C _{22:1})	3.18±0.11
神经酸 (C _{24:1})	0.76±0.01
SFA	23.36
MUFA	57.07
PUFA	19.54
n-3/n-6	1.21
DHA+EPA	8.67

由表6可知, 鳊鱼肌肉共检出18种脂肪酸, 饱和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA)、单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid, MUFA) 和多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acids, PUFA) 各6种。其中SFA占总脂肪酸质量的23.36%, MUFA为57.07%, PUFA为19.54%, 其中以亚油酸 (C_{18:2n-6}) 含量最高, 为6.52%, 以C_{20:4n-6} 含量最低, 为1.05%。PUFA是人体必需脂肪酸, 具有降低血清脂质等生理功能, 且摄入量至少应占总脂质摄入量的3%, 最好为8%~23%。而鳊鱼肌肉中PUFA正好在此范围内, 因此, 鳊鱼肌肉可以作为PUFA的食物来源。特别是在鳊鱼肌肉中检测出神经酸 (C_{24:1}), 含量为0.76%。国外研究表明, 神经酸是大脑神经细胞和神

经组织的核心天然成分, 是迄今为止世界上发现的能促进受损神经组织修复和再生的特殊物质, 具有修复神经细胞和防止脑神经衰老等重要生理功能^[23]。神经酸在大多数淡水鱼类中未检出, 表明鳊鱼肌肉中的脂肪酸具有特殊的营养价值。

表7 鳊鱼肌肉脂肪酸与其他鱼类的比较分析
Table 7 Comparison of muscle fatty acid composition between yellow cheek carp and several other economical fishes

鱼类名称	SFA/%	MUFA/%	PUFA/%	EPA+DHA/%	n-3/n-6
鳊鱼	23.36	57.07	19.54	8.67	1.21
鳊鱼1 ^[11]	34.99	42.58	21.89	4.25	0.84
鳊鱼2 ^[11]	26.92	54.51	18.36	4.80	0.71
鲢鱼 ^[15]	29.8	16.3	54.0	26.9	1.9
鲤鱼 ^[15]	24.0	47.4	28.5	2.3	0.3
草鱼 ^[15]	20.2	30.3	49.6	4.2	0.6
青鱼 ^[15]	24.6	34.9	40.5	1.4	0.5
鲫鱼 ^[15]	20.7	42.7	36.2	5.3	0.5
黑鱼 ^[20]	26.2	40.7	29.4	7.0	0.5
鳙鱼 ^[15]	25.1	43.1	30.6	7.8	0.8

由表7可知, 配合饲料养殖鳊鱼肌肉中的SFA含量低于其他两种类型鳊鱼, PUFA含量接近二者, MUFA含量、EPA和DHA总量、n-3与n-6系列脂肪酸比值 (n-3/n-6) 均高于二者。EPA和DHA总量与n-3/n-6比值, 除低于鲢鱼外, 均明显高于表7中其他淡水鱼类。可能是因为肉食性鱼类比草食性鱼类更富含n-3系列多不饱和脂肪酸, 也可能与饲料营养状况有关。n-3/n-6比值的增加有利于预防心脑血管疾病和癌症, 理想比值为1:(5~10)。我国人们随着植物油的摄入量不断增加, 导致n-6型的大量摄入, n-3/n-6达到了1:(16~20), 大量n-6型的摄入对痴呆症、肠溃疡、关节炎和各种癌变都有不良作用, 故我国人民必需多摄入n-3/n-6比值高的食物。EPA和DHA总量达到总脂肪酸质量的8.67%, 高于其他两种类型鳊鱼, 除低于鲢鱼外, 均高于表7中其他淡水鱼。EPA和DHA属于n-3系列多不饱和脂肪酸, 具有降低血清胆固醇、抑制血小板凝集、促进视网膜生长修复、延缓脑衰老和抗炎抗过敏等多种生理功能^[24]。可见配合饲料鳊鱼肌肉脂肪质量优于其他两种养殖鳊鱼, 是一种优质脂肪酸食物来源。

2.5 矿质元素分析

矿质元素是维持人体生命和正常代谢的重要物质, 在人体内不能合成, 需要从食物中获取。由表8可知, 鳊鱼肌肉中共测定了10种矿质元素, 常量元素和微量元素各5种。常量元素钾>磷>钙>钠>镁, 钾含量为1 989.03 mg/100 g, 镁为211.50 mg/100 g。微量元素包括铁>锌>铜>锰>硒, 铁含量为8.33 mg/100 g, 硒含量最低为0.11 mg/100 g, 但已经达到富Se标准 (0.02~0.20 mg/100 g), 可作为人类良好的硒的食物来源。同时, 按照Hill和Matron提出的理论, 即理化性质

相似的元素，其生物功能是相互拮抗的，且这种拮抗作用通常发生在锌/铜>10及锌/铁>1时^[25]，经计算，鳊鱼肌肉的锌/铜为1.81，锌/铁为0.29，两个比值均在合理范围内。

表 8 鳊鱼肌肉中矿质元素的组成分析（干样品）（ $\bar{x} \pm s$, $n=10$ ）
Table 8 Mineral elements in muscle of yellow cheek carp (on a dry matter basis) ($\bar{x} \pm s$, $n=10$)

矿质元素	含量/ (mg/100 g)	矿质元素	含量/ (mg/100 g)
K	1 989.03±242.15	Fe	8.33±0.47
Na	305.15±15.91	Zn	2.43±0.13
Ca	310.08±26.09	Cu	1.34±0.15
Mg	211.50±9.03	Mn	0.25±0.00
P	320.29±6.05	Se	0.11±0.00

3 结 论

鳊鱼肌肉中，必需氨基酸含量高，且组成比较平衡，其中赖氨酸含量最高为7.76%，是全鸡蛋模式和FAO/WHO模式中相应含量的1.49倍和1.89倍，高含量的赖氨酸可以补充谷物食品中的不足，提高蛋白质的有效利用率。同时，由于赖氨酸是人乳中的第一限制性氨基酸^[26]，鳊鱼肌肉也可以作为优质的催乳剂和婴幼儿补充食品。EAA/TAA、EAA/NEAA与EAAI表明其肌肉氨基酸组成符合优质蛋白模式。呈味氨基酸含量高达28.91%，鳊鱼肌肉鲜美。配合饲料养殖鳊鱼肌肉具有优质的人体所需蛋白质。

鳊鱼肌肉中MUFA均高于其他鱼类，PUFA含量高，且含有许多淡水鱼中没有的重要的神经酸，EPA和DHA总量与n-3/n-6比值均高于野生鳊鱼与饵料鱼养殖鳊鱼，估计其脂肪质量优于野生鳊鱼与饵料鱼养殖鳊鱼。

鳊鱼肌肉中硒含量较高为0.11 mg/100 g，与张家界地区处于富硒地带有一定关系，可作为较好的食物中硒的来源。

综上所述，配合饲料养殖的鳊鱼产品，其含肉率高，蛋白质和氨基酸含量高，必需氨基酸含量高，组成合理；脂肪酸品质好，矿物质元素结构合理，营养价值高，配合饲料养殖鳊鱼模式值得进一步完善与发展。以上研究结果可为鳊鱼肌肉深加工提供理论依据，也可为饲料配方优化提供参考。

参考文献：

[1] 马徐发, 王卫民, 杨紫兰. 鳊的生化组成与营养特性[J]. 华中农业大学学报, 2008, 27(6): 759-762.

[2] 李跃飞, 李新辉, 谭细畅, 等. 珠江中下游鳊鱼苗的发生及其与水文环境的关系[J]. 水产学报, 2012, 36(4): 615-622.

[3] 刘绍平, 段辛斌, 陈大庆, 等. 长江中游渔业资源现状研究[J]. 水生生物学报, 2005, 29(6): 708-711.

[4] 吴强, 段辛斌, 徐树英, 等. 长江三峡库区蓄水后鱼类资源现状[J]. 淡水渔业, 2007, 37(2): 70-75.

[5] 宓国强, 沈土山, 许谷星, 等. 鳊的人工繁殖与胚胎发育[J]. 水产学报, 2007, 31(5): 639-646.

[6] 万松良, 汪亮, 李建斌, 等. 鳊鱼人工繁殖技术初步研究[J]. 水产学杂志, 2008, 21(1): 15-20.

[7] 宓国强. 鳊鱼苗种繁育及成鱼养殖技术(上)[J]. 科学养鱼, 2009(4): 14-16.

[8] 孙存军, 樊启学, 沈凡, 等. 饵料类型和投喂频率对鳊幼鱼生长及肌肉成分的影响[J]. 淡水渔业, 2011, 41(4): 80-84.

[9] 张竹青, 杨兴, 周路, 等. 鳊鱼含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 天津农业科学, 2013, 19(4): 29-33.

[10] 万松良, 汪亮, 李杰, 等. 鳊含肉率和肌肉营养成分分析[J]. 淡水渔业, 2008, 38(1): 27-29.

[11] 戴阳军, 刘峥兆, 王雪峰, 等. 野生与养殖鳊鱼肌肉的营养成分比较[J]. 食品科学, 2012, 33(17): 258-262.

[12] 黄钧, 杨淞, 覃志彪, 等. 云斑鲮、泥鳅和瓦氏黄颡鱼的含肉率及营养价值比较研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(5): 990-997.

[13] 姜巨峰, 王玉佩, 李春艳, 等. 3种优质淡水鱼类的含肉率、肥满度及肌肉营养成分的分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14478-14480.

[14] 陈玉珍, 唐黎, 申晓东, 等. 白斑狗鱼含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 水产科学, 2010, 29(10): 578-582.

[15] 周立斌. 淡水石首鱼的含肉率和肌肉营养成分分析[J]. 水产科学, 2005, 24(4): 18-20.

[16] 王金娜, 唐黎, 刘科强, 等. 人工养殖与野生鳊鱼肌肉营养成分的比较分析[J]. 河北渔业, 2013(2): 8-14; 16.

[17] 刘必生, 李建光, 李正友, 等. 鲈鲤含肉率及肌肉营养成分的测定与品质评价[J]. 贵州农业科学, 2011, 39(11): 166-170.

[18] 程汉良, 蒋飞, 彭永兴, 等. 野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2013, 34(13): 266-270.

[19] 于琴芳, 邓放明. 鳊鱼小黄鱼鳊鱼和海鳗肌肉中营养成分分析及评价[J]. 农产品加工: 学刊, 2012(9): 11-14; 18.

[20] 过正乾, 蒋飞, 许祥, 等. 野生和养殖鲤鱼肌肉营养成分的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15292-15294; 15296.

[21] 黄海, 杨宁, 张希. 淡水石斑鱼含肉率和肌肉营养成分分析[J]. 水产科技情报, 2012, 39(2): 87-91.

[22] 朱成科, 黄辉, 向泉, 等. 泉水鱼肌肉营养成分分析及营养学评价[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 246-249.

[23] 王性炎, 王姝清. 神经酸研究现状及应用前景[J]. 中国油脂, 2010, 35(3): 1-5.

[24] 王萍, 张银波, 江木兰. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 中国油脂, 2008, 33(12): 42-46.

[25] 张高静, 韩丽萍, 孙剑锋, 等. 南美白对虾营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 254-260.

[26] 刘姝, 余勃, 王淑军, 等. 沙光鱼肌肉营养成分分析及营养学评价[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 381-384.