

文章编号: 1674-5566(2024)03-0692-10

DOI: 10.12024/jsou.20230304135

上海市三大饮用水源地水库鳙肌肉特性比较

张瑜^{1,2}, 李辰钰^{1,2}, 王涛^{1,2}, 陈立婧^{1,2}, 龚小玲^{1,2}

(1. 上海海洋大学水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

摘要: 为了探究不同运营管理模式、不同水库鳙肌肉的生化和物理特性差异。采用常规生化分析法和组织学特性分析法, 对上海三大饮用水源地青草沙、陈行、金泽水库2龄鳙肌肉的脂肪、蛋白、氨基酸、脂肪酸等生化特性和质构等物理特性进行分析。结果显示: 鳙肌肉的粗蛋白含量为18.11%~19.38%、粗灰分含量为1.27%~1.34%, 二者在3个水库之间均无显著差异; 青草沙水库鳙肌肉的pH(6.45)和水分(80.69%)含量显著高于陈行水库(6.27、78.43%)和金泽水库(6.24、79.28%); 金泽水库鳙肌肉的粗脂肪含量(1.31%)显著高于青草沙水库(0.93%)和陈行水库(0.91%); 3个水库鳙肌肉检出的氨基酸和脂肪酸均为17种, 金泽水库鳙肌肉的总饱和脂肪酸(14.15%)、单不饱和脂肪酸(40.87%)含量显著高于青草沙水库(12.93%、30.29%)和陈行水库(11.18%、29.64%), 青草沙水库(56.79%)和陈行水库(59.24%)的总多不饱和脂肪酸含量显著高于金泽水库(44.88%); 质构指标除黏附性没有显著差异, 其余指标如硬度、弹性、凝聚性等均有显著差异; 金泽水库鳙肌肉的肌细胞数量、长径显著低于青草沙和陈行水库。研究表明, 不同水库环境对鳙肌肉的粗蛋白、粗灰分含量影响差异不显著, 对脂肪含量、肌纤维组织学特性影响差异显著, 3个水库鳙肌肉均为优质蛋白源, 陈行水库鳙肌肉的营养价值更高。

关键词: 鳙; 肌肉特性; 营养成分; 质构; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S 917.4 **文献标志码:** A

鳙(*Aristichthys nobilis*)属我国四大家鱼之一, 是我国重要的淡水经济养殖鱼类^[1], 也是我国特有、典型的浮游生物食性的鱼类。近年来, 有学者对不同水体中鱼类肌肉特性进行了研究。袁岩聪等^[2]研究指出, 中营养型水库氮磷比例合适, 水体中的浮游生物种类和含量丰富且均衡, 为水库鳙提供了优质适量的天然饵料, 可促使鱼体内营养物质合成。冀东^[3]研究发现流水组草鱼的肌纤维密度高于静水组, 并且肌肉硬度指标也随着鱼体生长时间增大, 说明适宜的水流可以促进鱼类运动率, 从而导致肌肉组织变化。王美儒等^[4]研究发现, 野生达氏鳊(*Huso dauricus*)的粗脂肪含量显著低于养殖组, 且功能脂肪酸C20:5n-3 (Ethenet for plant automation, EPA)和C22:6n-3 (Docosa hexaenoic acid, DHA)含量显著高于养殖

组, 其营养价值要优于养殖组。王雪薇等^[5]研究指出, 鱼类的生长和肌肉特性受其生存环境中天然饵料的影响。因此鱼类在不同水环境中会形成不同的特征, 温度、盐度、水质、水流、饵料生物及食物链结构等环境因素均会对鱼类肌肉特性产生影响。

长江水源地青草沙、陈行、东风西沙水库和黄浦江上游太浦河水源地金泽水库构成了上海“两江并举、集中取水、水库供水、一网调度”的四大饮用水水源地格局^[6]。其中, 青草沙、陈行、金泽水库原水供应量占上海市全部供水量的70%以上, 虽均为供水水源地水库, 但3个水库类型、管理模式均不同, 青草沙属江心水库、陈行属边滩水库、金泽属平原河网水库^[7]。青草沙水库面积大, 水面开阔, 风力较大且流速高, 藻类密度不

收稿日期: 2023-03-31 修回日期: 2023-05-25

基金项目: 上海城投原水有限公司项目(D-8006-23-0249)

作者简介: 张瑜(1996—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: zhangyu199608@163.com

通信作者: 龚小玲, E-mail: xlgong@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

高;陈行水库容积小,水力停留时间短,流速较快,不易滋生藻类;金泽水库为半封闭型湖流流态,水流流速较为缓慢,取水口来水组成复杂,藻类密度相对较高^[8]。水库除纳水、排水有鱼类进出外,还会根据水库特点投放一定量滤食性的鲢、鳙进行控藻和保水。本研究测定了青草沙、陈行、金泽3个水库的优势种鳙肌肉的生化和物理特性,探究不同水库鳙肌肉特性差异,对其差异产生的原因进行分析,以期为水库水质治理提供基础鱼类营养学数据,在保证鳙控水的同时还能培养优质鱼类。

1 材料与方法

1.1 样本采集

2021年1月—2022年1月分别于上海市青草沙水库(简写“QCS”,31°48′60″N,121°55′29″E)、陈行水库(简写“CH”,31°49′97″N,121°36′10″E)、金泽水库(简写“JZ”,31°03′73″N,120°94′24″E)

进行样本采集和流速测定,根据水库面积大小分别设置了7、4、5个丝网采样点。每个水库每个季度采集2龄样本9尾,陈行水库冬季没有采集到鳙样本。测定样本全长、体长和体质量(表1和图1)。2021—2022年总磷、总氮、浮游动植物含量由上海海洋大学陈立婧实验室提供。

表1 2021—2022年青草沙、陈行、金泽水库鳙样本生物学指标
Tab. 1 2021—2022 environmental indicators of Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs

生物学指标 Biological index	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
全长 Overall length/cm	50.99±5.47	54.45±4.67	60.38±5.59
体长 Body length/cm	40.46±4.77	43.61±3.69	48.42±5.03
体质量 Body mass/g	1 540.83± 187.65	1 683.18± 171.84	1 690.29± 198.31
数量 Quantity/尾	36	27	36



1. 青草沙鳙;2. 陈行鳙;3. 金泽鳙。
1. QCS;2. CH;3. JZ.

图1 青草沙、陈行、金泽水库鳙样本图片

Fig. 1 Pictures of bighead samples from three reservoirs

1.2 实验方法

样品按照季度分类,各水库每个季度9尾鱼进行平行实验。去鳞、去内脏后沿着脊椎两侧取其背部肌肉约500 g,洗净去皮,放入-20℃冷冻保存,用于各项指标测定。每个样本的肌肉分成大小2 cm×2 cm×1 cm规格3份,采用SMS TA.XT Plus质构仪进行肌肉质构测定;使用石蜡切片和H.E染色法进行组织学特性分析;分别参照GB 5009.3—2016(105℃直接干燥法)、GB 5009.237—2016(肉与肉制品pH测定)、GB 5009.5—2016(凯氏定氮法)、GB 5009.6—2016(索氏提取法)、GB 5009.4—2016(马弗炉灼烧称重法)进行水分、pH、粗蛋白、粗脂肪、灰分的测定。氨基酸参照GB T5009.124—2016(酸水解法)测定,样品经6 mol/L的盐酸溶液110℃水解24 h后,使用日立LA-8080超高速氨基酸自动分析仪测定氨基酸组成及含量,其中酸水解过程中色氨酸被破坏,故

未测定;脂肪酸参照GB 5009.168—2016测定,使用Agilent 5977A气质联用仪测定各脂肪酸相对含量,根据脂肪酸标准品出峰时间鉴定脂肪酸种类,采用峰面积归一化法计算脂肪酸含量。

1.3 营养品质评价方法

根据联合国世界卫生组织与联合国粮食及农业组织(WHO/FAO)1973年建议的氨基酸评分标准模式^[9]和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所2004年提出的鸡蛋蛋白模式^[10]对样品的肌肉营养价值进行评价和比较。分别以氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分(Chemical score, CS)和必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)来评定3个水库鳙的氨基酸营养价值^[11]。以下列公式进行计算:

$$I_{AAS} = X_{ad}/X_{AA(FAO/WHO)} \quad (1)$$

$$I_{CS} = X_{ad}/X_{AA(Egg)} \quad (2)$$

$$I_{EAAI} = [(100X_A/X_{AE}) \times (100X_B/X_{BE}) \times \dots \times (100X_F/X_{FE})]^{1/n} \quad (3)$$

式中: I_{AAS} 为氨基酸评分; I_{CS} 为化学评分; I_{EAAI} 为必需氨基酸指数; X_{aa} 为实验样品的蛋白质氨基酸含量,mg/g; $X_{AA(FAO/WHO)}$ 为FAO/WHO评分标准模式中同种氨基酸含量,mg/g; $X_{AA(Egg)}$ 为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量,mg/g; n 为比较的必需氨基酸个数; $X_A \sim X_F$ 为待测样品肌肉蛋白质中的必需氨基酸含量,mg/g; $X_{AE} \sim X_{FE}$ 为全鸡蛋蛋白质的氨基酸含量,mg/g。

1.4 数据处理

使用Excel 2020和SPSS 19.0统计软件进行数据分析。采用单因素方差分析法检验3个水库鲮肌肉营养成分指标和组织学特性指标的差异显著性, $P < 0.05$ 为差异显著。实验数据均采用平均值±标准差(Mean±SD)的形式表示。

2 结果

2.1 生化特性分析

由表2可知,3个水库鲮肌肉中的粗蛋白、灰分含量均无显著差异($P > 0.05$)。青草沙水库鲮肌肉的pH、水分含量均显著高于陈行水库和金泽水库($P < 0.05$);金泽水库鲮肌肉的粗脂肪含量最高,显著高于青草沙、陈行水库($P < 0.05$),而青草沙和陈行水库之间则无显著性差异($P > 0.05$)。

表2 青草沙、陈行、金泽水库鲮肌肉的生化特性成分含量(湿质量)

Tab. 2 Contents of biochemical characteristic components *A. nobilis* muscle in Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs (wet mass)

项目 Item	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
pH	6.45±0.41 ^a	6.27±0.34 ^b	6.24±0.37 ^b
水分 Moisture/%	80.69±1.69 ^a	78.43±2.69 ^b	79.28±0.88 ^b
粗脂肪 Crude fat/%	0.93±0.61 ^a	0.91±0.26 ^a	1.31±0.58 ^b
粗蛋白 Crude protein/%	18.11±0.57	19.38±0.32	18.63±0.70
粗灰分 Crude ash/%	1.27±0.12	1.34±0.10	1.28±0.23

注:同行数据肩注不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: Different lower case letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

2.2 氨基酸含量与组成分析及评价

3个水库鲮肌肉均检测出17种氨基酸(表3),必需氨基酸(Essential amino acids, EAA)、半必需氨基酸(Semi-essential amino acids, HEAA)、

非必需氨基酸(Non-essential amino acids, NEAA)分别有7、2、8种。有6种氨基酸的含量在3个水库鲮肌肉中均无显著性差异;陈行水库鲮肌肉除苏氨酸外,其余必需氨基酸含量均为最高,且鲜味氨基酸甘氨酸含量显著高于青草沙、金泽水库。青草沙水库鲮肌肉的必需氨基酸/总氨基酸含量(EAA/TAA, 40.59%)和必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA, 84.62%)的比值要高于陈行水库和金泽水库,金泽水库的比值最低。

表3 青草沙、陈行、金泽水库鲮肌肉的氨基酸种类及含量

Tab. 3 Types and contents of amino acids in muscle of *A. nobilis* from Qingcaosha, Chenhang and Jinze

氨基酸种类 Amino acid	reservoirs			%
	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ	
天冬氨酸 Asp ^{*△}	1.96±0.54	2.00±0.37	1.91±0.59	
苏氨酸 Thr ^{&}	0.79±0.28 ^a	0.82±0.13 ^b	0.85±0.13 ^b	
丝氨酸 Ser [△]	0.81±0.29 ^a	0.82±0.11 ^b	0.86±0.11 ^b	
谷氨酸 Glu ^{*△}	2.77±0.80	2.84±0.40	2.70±0.80	
甘氨酸 Gly ^{*△}	0.83±0.18 ^a	0.94±0.35 ^b	0.82±0.11 ^a	
丙氨酸 Ala ^{*△}	1.07±0.31	1.12±0.15	1.14±0.18	
胱氨酸 Cys [△]	0.11±0.06 ^a	0.11±0.03 ^{ab}	0.13±0.02 ^b	
缬氨酸 Val ^{&}	0.65±0.24 ^a	0.66±0.14 ^{ab}	0.64±0.10 ^b	
蛋氨酸 Met ^{&}	0.56±0.13	0.57±0.08	0.55±0.11	
异亮氨酸 Ile ^{&}	0.63±0.16 ^{ab}	0.66±0.25 ^a	0.62±0.09 ^b	
亮氨酸 Leu ^{&}	1.68±0.23 ^a	1.75±0.53 ^b	1.63±0.22 ^a	
酪氨酸 Tyr [△]	0.78±0.18 ^a	1.00±0.54 ^b	0.77±0.12 ^a	
苯丙氨酸 Phe ^{&}	1.02±0.18 ^a	1.44±0.72 ^a	0.88±0.13 ^b	
赖氨酸 Lys ^{&}	2.34±0.86	2.59±0.77	2.20±0.59	
组氨酸 His [○]	1.01±0.39 ^a	1.32±0.38 ^a	0.86±0.40 ^b	
精氨酸 Arg [○]	1.15±0.25	1.12±0.19	1.14±0.15	
脯氨酸 Pro [△]	0.74±0.18 ^a	1.26±0.32 ^b	0.72±0.12 ^a	
氨基酸总量 TAA	18.90±0.67	21.02±0.71	18.44±0.65	
鲜味氨基酸 DAA	6.62±0.88	6.90±0.87	6.57±0.83	
必需氨基酸 EAA	7.67±0.67	8.49±0.75	7.36±0.62	
半必需氨基酸 HEAA	2.16±0.10	2.44±0.14	2.01±0.20	
非必需氨基酸 NEAA	9.06±0.83	10.08±0.82	9.07±0.80	
必需氨基酸/氨基酸总量 EAA/TAA	40.59	40.41	39.92	
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	84.62	84.24	81.16	

注:*.鲜味氨基酸;&.必需氨基酸;○.半必需氨基酸;△.非必需氨基酸;同行数据肩注不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Notes: *.Umami amino acids; &.Essential amino acids; ○.Semi-essential amino acids; △.Non-essential amino acids; Different lower case letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

由表4、5可知,青草沙、陈行、金泽水库鲮肌肉的必需氨基酸总含量分别为2 958.08、3 098.21、

2 772.59 mg/g,均高于FAO/WHO标准 2 190 mg/g,除金泽水库外,青草沙和陈行水库鲮肌肉的必需氨基酸含量均高于全鸡蛋蛋白 2 960 mg/g。在 3 个水库的 AAS 中,第一和第二限制性氨基酸分别为缬氨酸 (Val) 和异亮氨酸 (Ile),其余 EAA 的 AAS 均大于 1 且评分最高的为赖氨酸 (Lys)。3 个

水库的 CS 中,第一限制性氨基酸为缬氨酸 (Val),第二限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸 (Met+Cys),氨基酸评分均大于 0.5 且评分最高均为赖氨酸 (Lys)。3 个水库鲮肌肉中的 EAAI 均达到 80 以上,其中陈行水库鲮肌肉的 EAAI 最高,为 95.01。

表 4 青草沙、陈行、金泽水库鲮肌肉中人体必需氨基酸含量与 FAO/WHO 标准及鸡蛋蛋白质的比较

Tab. 4 Comparison of the content of essential amino acids in the muscle of *A. nobilis* in Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs with FAO / WHO standard and egg protein mg/g

必需氨基酸 EAA	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ	FAO/WHO 标准 FAO/WHO pattern	鸡蛋蛋白质 Egg protein
异亮氨酸 Ile	218.83	212.82	203.31	250	331
亮氨酸 Leu	577.59	595.70	546.52	440	534
苏氨酸 Thr	272.76	263.42	286.53	250	292
缬氨酸 Val	222.86	211.44	214.36	310	411
蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)	232.82	220.32	228.59	220	386
苯丙氨酸 + 酪氨酸(Phe+Tyr)	623.28	787.73	554.60	380	565
赖氨酸 Lys	809.94	836.76	738.69	340	441
合计 Total	2 958.08	3 128.19	2 772.60	2 190	2 960

表 5 青草沙、陈行、金泽水库鲮肌肉 AAS、CS 和 EAAI 比较

Tab. 5 Comparison of AAS, CS and EAAI in muscle of *A. nobilis* in Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs

评价模式 Evaluation model	氨基酸 Amino acid	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
氨基酸评分 AAS	异亮氨酸 Ile	0.88	0.85	0.81
	亮氨酸 Leu	1.31	1.29	1.24
	苏氨酸 Thr	1.09	1.05	1.15
	缬氨酸 Val	0.72	0.68	0.69
	蛋氨酸 + 胱氨酸 (Met+Cys)	1.06	1.00	1.04
	苯丙氨酸 + 酪氨酸 (Phe+Tyr)	1.64	2.07	1.46
	赖氨酸 Lys	2.38	2.46	2.17
化学评分 CS	异亮氨酸 Ile	0.66	0.64	0.61
	亮氨酸 Leu	1.08	1.06	1.02
	苏氨酸 Thr	0.93	0.90	0.98
	缬氨酸 Val	0.54	0.51	0.52
	蛋氨酸 + 胱氨酸 (Met+Cys)	0.60	0.57	0.59
	苯丙氨酸 + 酪氨酸 (Phe+Tyr)	1.10	1.39	0.98
	赖氨酸 Lys	1.84	1.90	1.68
必需氨基酸指数 EAAI		89.00	95.01	84.71

2.3 脂肪酸含量与组成分析

3 个水库鲮肌肉共检测出 17 种脂肪酸(表 6),

包括饱和脂肪酸(Saturated fatty acids, SFA)6 种,单不饱和脂肪酸(Monounsaturated fatty acids, MUFA)5 种,多不饱和脂肪酸(Polyunsaturated fatty acids, PUFA)6 种,仅 C14:0 一种脂肪酸在 3 个水库中均不存在显著性差异。 Σ SFA、 Σ MUFA 为金泽水库含量最高, Σ PUFA 为陈行水库含量最高。在 PUFA 中,C20:4n-6 (ARA)、C22:6n-3 (DHA)含量在 3 个水库之间均存在显著差异,且都是陈行水库含量最高,金泽水库最低;对于 C20:5n-3 (EPA),则是青草沙水库最高,金泽水库最低。

2.4 物理特性分析

由表 7 可知,不同水库的鲮肌肉仅黏附性指标无显著差异。青草沙水库鲮肌肉的硬度显著高于陈行水库和金泽水库;青草沙水库和陈行水库鲮肌肉弹性、咀嚼性显著高于金泽水库。这表明金泽水库鲮肌肉质地最松软。

为了进一步比较 3 个水库鲮肌肉的质构指标特性,本研究还对单位面积 0.1 mm² 脊椎两侧相同部位肌肉细胞数量、长径、短径进行了对比。由图 2 和表 8 可知,单位面积下的鲮肌肉细胞数量为金泽水库最低且显著低于青草沙和陈行水库;单位面积下鲮肌肉细胞的长径、短径长度为青草沙水库 > 陈行水库 > 金泽水库;金泽水库鲮肌肉细胞的长径显著低于青草沙和陈行水库;短径则显著低于青草沙水库,进一步证实了金泽水库鲮肌肉的紧致性不及青草沙和陈行水库。

表6 青草沙、陈行、金泽水库鳙肌肉的脂肪酸种类及含量

脂肪酸 Fatty acid	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
C14:0	0.66±0.15	0.60±0.17	0.55±0.06
C16:0	4.07±1.35 ^a	2.28±0.44 ^b	1.58±0.14 ^c
C17:0	4.17±1.09 ^a	1.48±0.33 ^b	3.20±0.86 ^a
C18:0	1.40±0.30 ^a	1.12±0.08 ^a	4.17±1.03 ^b
C20:0	2.04±0.66 ^a	4.76±0.68 ^b	3.08±0.81 ^a
C22:0	0.59±0.04 ^a	0.94±0.07 ^a	1.57±0.21 ^b
∑ SFA	12.93±1.61 ^a	11.18±1.53 ^a	14.15±1.34 ^b
C16:1	10.56±1.90 ^a	12.51±2.33 ^b	9.31±1.83 ^a
C17:1	1.81±0.36 ^a	1.56±0.19 ^a	5.70±1.53 ^b
C18:1n9t	7.63±1.38 ^a	7.13±1.83 ^a	6.02±1.04 ^b
C18:1n9c	9.38±1.74 ^{ab}	7.75±1.47 ^b	13.71±2.50 ^a
C22:1n9	0.91±0.05 ^a	0.69±0.08 ^a	6.12±1.70 ^b
∑ MUFA	30.29±4.43 ^a	29.64±4.86 ^a	40.87±3.42 ^b
C18:2n6	2.37±0.86 ^a	3.43±0.52 ^b	3.92±0.92 ^b
C18:3n3	1.34±0.22 ^a	2.18±0.68 ^b	1.84±0.43 ^a
C20:2	1.49±0.39 ^{ab}	0.82±0.07 ^b	2.40±0.45 ^a
C20:4n-6(ARA)	11.57±1.84 ^a	14.35±2.28 ^b	10.31±1.64 ^a
C20:5n-3(EPA)	20.61±2.73 ^a	17.63±2.69 ^a	13.44±1.44 ^b
C22:6n-3(DHA)	19.40±2.24 ^a	20.83±2.07 ^a	12.97±1.21 ^b
∑ PUFA	56.79±6.02 ^a	59.24±6.75 ^a	44.88±5.36 ^b

注: SFA. 饱和脂肪酸; MUFA. 单不饱和脂肪酸; PUFA. 多不饱和脂肪酸; 同行数据肩注不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: SAF. Saturated fatty acid; MUFA. Monounsaturated fatty acid; PUFA. Polyunsaturated fatty acids; Different lower case letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

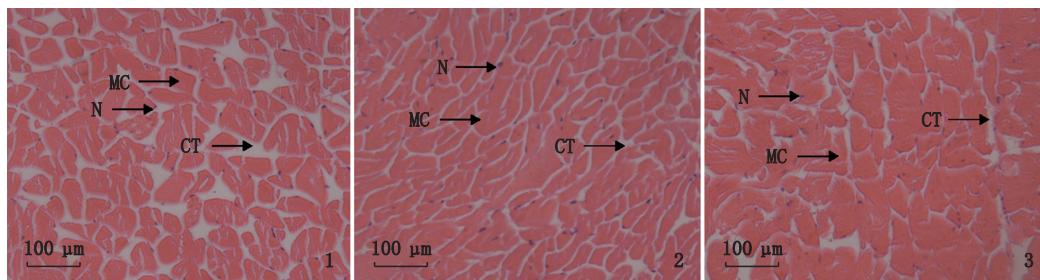
表7 青草沙、陈行、金泽水库鳙肌肉的质构指标

Tab. 7 Texture indexes of *A. nobilis* muscle in Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs

质构指标 Index	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
硬度 Hardness/g	4 933.96±231.91 ^a	4 691.30±382.38 ^b	4 387.36±357.48 ^c
黏附性 Adhesiveness/(g*s)	-42.01±8.65	-41.93±6.72	-41.25±7.68
弹性 Springiness	0.48±0.09 ^a	0.49±0.08 ^a	0.46±0.09 ^b
凝聚性 Cohesiveness	0.31±0.07 ^a	0.36±0.10 ^b	0.35±0.08 ^b
胶黏性 Gumminess/g	1 582.76±349.62 ^a	1 822.52±281.37 ^b	1 619.46±284.81 ^{ab}
咀嚼性 Chewiness/g	842.09±95.46 ^a	822.91±91.48 ^a	763.29±93.79 ^b
回复性 Resilience	0.13±0.04 ^a	0.12±0.03 ^a	0.14±0.04 ^b

注: 同行数据肩注不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Notes: Different lower case letters indicate significant differences ($P < 0.05$).



MC. 肌细胞; CT. 结缔组织; N. 细胞核。1. QCS×40; 2. CH×40; 3. JZ×40。

MC. Myoepithelial cell; CT. Connective tissue; N. Nucleus. 1. QCS×40; 2. CH×40; 3. JZ×40.

图2 3个水库鳙组织切片H.E染色

Fig. 2 H. E staining of *A. nobilis* tissue sections from three reservoirs

表8 青草沙、陈行、金泽水库鳙肌细胞数目、直径
Tab.8 Number and diameter of *A. nobilis* muscle cells in Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs

项目 Items	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
肌细胞数量 Cells/(pcs/0.1 mm ²)	12.50±2.88 ^a	11.70±3.36 ^a	6.76±2.08 ^b
长径 Length diameter/μm	44.21±8.63 ^a	42.11±11.78 ^a	40.82±6.53 ^b
短径 Short diameter/μm	25.19±6.21 ^a	23.76±6.12 ^{ab}	22.53±4.22 ^b

注:同行数据肩注不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Notes: Different lower case letters indicate significant differences ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 生化指标差异分析

本研究中,青草沙水库鳙肌肉 pH 与陈行、金泽水库存在显著差异;金泽水库鳙肌肉的粗脂肪含量与青草沙、陈行水库存在显著差异。pH 的变化会改变肌肉的嫩度,造成肌肉颜色的变化,对鱼肉的保存期限也会造成一定的影响。随着储存时间的增加,肌肉的 pH 下降^[12],使得鱼肉质量下降。郑陶生等^[13]研究表明,鱼类肌肉粗脂肪含量与水环境中的氮磷含量呈极显著正相关,粗脂肪含量随氮磷含量增减而增减。2021—2022 年金泽水库总氮、总磷含量比青草沙、陈行水库氮磷含量高(表 9),同龄鳙的生长也是金泽水库的

最快(表 1)。鱼类肌肉脂肪含量受个体大小和生长速率的影响,氮磷含量与浮游生物含量呈正相关^[14-15],而鳙为滤食性鱼类主要摄食浮游动物,金泽水库氮磷含量高导致水库浮游生物的组成和含量增加,这为水库中的鳙提供了良好的天然饵料,使得其生长速度加快,肌肉脂肪含量更易累积。另外,鱼类肌肉中的脂肪含量不仅与其食物有关,还与运动有关^[16-17]。蒋文枰等^[18]研究表明,高水流环境下的鱼肌肉脂肪含量较低。本研究中的 3 个水库,经过 2021 年全年检测,金泽水库平均流速最低,青草沙最高(表 9)。说明金泽水库鳙的运动率下降,脂肪分解代谢速率低于合成速率,从而导致其脂肪含量最高,这也可能是金泽水库鳙肌肉脂肪含量最高的原因之一。

表9 2021—2022 青草沙、陈行、金泽水库环境指标
Tab.9 2021—2022 environmental indicators of Qingcaosha, Chenhang and Jinze reservoirs

类型 Type	青草沙 QCS	陈行 CH	金泽 JZ
总磷 Total Phosphorus/(mg/L)	0.57±0.04	0.08±0.03	0.81±0.05
总氮 Total Nitrogen/(mg/L)	1.93±0.13	1.89±0.48	2.02±0.71
浮游植物 Phytoplankton/(mg/L)	0.48±0.02	0.35±0.02	0.69±0.04
浮游动物 Zooplankton/(mg/L)	0.94±0.04	0.32±0.02	1.18±0.07
温度 Water temperature/°C	19.78±7.21	21.33±8.21	20.33±8.01
流速 Current speed/(m/s)	0.72±0.19	0.37±0.03	0.26±0.02

3.2 氨基酸、脂肪酸差异分析及评价

3 个水库鳙均含有 17 种氨基酸,含量最高的 4 种氨基酸包括 2 种鲜味氨基酸和 2 种必需氨基酸,含量由高到低依次为谷氨酸、赖氨酸、天冬氨酸、亮氨酸,这与刘俊利等^[19]研究的鳙氨基酸含量排序结果相同。氨基酸中的必需氨基酸和鲜味氨基酸是评价鱼肌肉特性的重要指标,且谷氨酸是重要的鲜味氨基酸成分^[20]。本研究中陈行水库除苏氨酸外其余必需氨基酸含量和鲜味氨基酸谷氨酸含量均为最高,谷氨酸含量显著高于青草沙和金泽水库。水环境中的有机氮以蛋白

质、氨基酸、有机氮形式存在^[21],不同类型水库的氮、磷含量差异会导致浮游生物群落结构和底栖动物种类和数量的差异,造成鱼类摄食的食物组成不同^[2],从而造成鱼肌肉中氨基酸组成和含量的不同。根据 FAO/WHO 的理想模式,氨基酸比例 EAA/TAA 为 40% 左右,EAA/NEAA 为 60% 左右为质量较好的蛋白质^[22],3 个水库鳙均超过此标准,表明 3 个水库鳙氨基酸平衡效果和营养均较好,属于优质的蛋白质来源。陈行水库鳙的 AAS、CS、EAAI 指标均为最高,EAAI 值最高为 95.01,符合优质蛋白源 EAAI≥95 的标准,说明陈

行水库鳙肌肉氨基酸组成最为平衡,蛋白质营养价值最高^[23]。

食物来源对鱼类肌肉营养品质的影响较大^[15],3个水库综合营养指数和浮游生物群落组成存在较大差异^[8],从而导致鳙食物饵料组成和含量不同,造成了3个水库鳙各脂肪酸含量的差异。鱼类脂肪酸在不同的部位具有不同的功能,肌肉中脂肪酸的功能主要是为鱼类运动提供能量^[24]。SFA、MUFA是鱼类运动氧化分解供能的主要脂肪酸,在许多鱼类中C16:0、C16:1、C18:1n9t是脂质分解代谢的最优先底物^[25-26],其组成和含量表明了鱼类对脂肪的储存和调动的偏好^[26]。本研究中金泽水库总SFA、MUFA含量显著高于青草沙、陈行水库,而C16:0、C16:1、C18:1n9t含量偏低,说明金泽水库鳙利用SFA储存脂肪的能力比代谢能力强,鱼类运动强度高需要消耗更多的脂肪为鱼类运动提供能量,也证实了运动与脂肪酸分解代谢最优底物之间的关系。在鱼类脂肪酸营养中,PUFA中的功能脂肪酸EPA、DHA、ARA是评价鱼肌肉脂肪质量的重要指标^[16],功能脂肪酸对视觉和神经发育起着重要作用^[27],青草沙、陈行水库的EPA和DHA含量显著高于金泽水库,说明这2个水库鳙肌肉的脂肪质量更好,综合3个水库鳙PUFA的含量组成,陈行水库的鳙肌肉脂肪具有更高的食用和保健作用。

3.3 质构及组织学特性分析

质构特性是鱼类肌肉重要的物理特性^[28],其中硬度、咀嚼性、弹性指标是质构指标中较为重要的指标^[29]。硬度与脂肪含量成反比^[30],金泽水库鳙肌肉的脂肪含量最高使得肌纤维摩擦力减小,硬度最小。质构指标和肌纤维直径、密度有密切相关性^[31],肌纤维直径越大,其硬度指标越高,本研究中青草沙水库鳙的肌纤维直径最大,其硬度指标也最高,很好地说明了这一观点。水流作为鱼类生活环境中的一个重要且复杂的因子,直接或间接地影响着鱼类行为和肌肉特性,其对鱼类运动影响较大^[32],水流速度快则鱼类运动率高,从而使得肌肉结构和形态发生变化,肌纤维数量和直径增大^[33],这一现象在柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)^[34]、虹鳟^[35]、溪红点鲑^[36]、万佛水库鳙^[37]中均得到了印证。由表2可知,3个水库的流速为青草沙>陈行>金泽,青草沙、陈行水库鱼类运动率增加,代谢率上升,肌纤

维数目和直径增大,从而使得肌肉变得紧实,说明了青草沙、陈行水库鳙肌肉的质地更优。也有研究^[38]表明,过高水流使得鱼类运动过度,肌纤维密度增加,肌肉弹性下降。陈行水库鳙肌肉的弹性高于青草沙水库,说明陈行水库的流速更适宜鱼类生长,鱼类肌肉质地适中且弹性较好。

参考文献:

- [1] 黄晓龙,白艳勤,姜伟,等.不同电极布置方式和电学参数下拦鱼电栅对鲢的阻拦效果[J].生态学杂志,2023,42(9):2176-2183.
HUANG X L, BAI Y Q, JIANG W, et al. The blocking effects of electric barrier with different electrode arrangements and electrical parameters on silver carp [J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(9): 2176-2183.
- [2] 袁岩聪,何航,刘瑛,等.不同营养型水库对鳙形态性状和风味物质的影响[J].淡水渔业,2022,52(3):91-97.
YUAN Y C, HE H, LIU Y, et al. Effects of different nutritional types of reservoirs on morphological traits and volatile flavor substances of *Aristichthys nobilis* [J]. Freshwater Fisheries, 2022, 52(3): 91-97.
- [3] 冀东.饲料中添加氯化钠以及饥饿、流水对草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)生长性能和肌肉品质的影响[D].上海:上海海洋大学,2020.
JI D. Effects of dietary sodium chloride, starvation and flowing water on growth and flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [4] 王美儒,赵文,魏杰,等.人工养殖和野生达氏鳇幼鱼肌肉营养成分的比较研究[J].经济动物学报,2019,23(3):139-143,148.
WANG M R, ZHAO W, WEI J, et al. Comparison of nutritional components in the muscle of cultured and wild juvenile fish of *Huso dauricus* [J]. Journal of Economic Animal, 2019, 23(3): 139-143, 148.
- [5] 王雪薇,谢意军,薛淑群,等.二、三倍体虹鳟肌肉组织结构及营养成分的比较[J].水产科学,2017,36(5):569-576.
WANG X W, XIE Y J, XUE S Q, et al. Comparison of microstructure and nutrient in muscles between diploid and triploid rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* [J]. Fisheries Science, 2017, 36(5): 569-576.
- [6] 于大海.上海市发展城市公共直饮水点的探索和实践[J].水资源开发与管理,2022,8(10):76-80.
YU D H. Exploration and practice of developing urban public direct-drinking water points in Shanghai [J]. Water Resources Development and Management, 2022, 8(10): 76-80.
- [7] 李瑶,徐凌云,史云鹏.基于不同水质评价方法的长江

- 口两大水源水库水质评价研究[J]. 环境科学与管理, 2020, 45(8): 173-177.
- LI Y, XU L Y, SHI Y P. Research on water quality evaluation of two water source reservoirs in Yangtze River estuary based on different water quality evaluation methods [J]. Environmental Science and Management, 2020, 45(8): 173-177.
- [8] 朱宜平. 上海市水源地管理与原水系统保障实践[J]. 给水排水, 2021, 47(7): 12-19.
- ZHU Y P. Practice of water source management and raw water system safeguard in Shanghai [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(7): 12-19.
- [9] FORBESGB. Joint FAO/WHO ad hoc expert committee, energy and protein requirements, WHO technical report series 522 [J]. Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine, 1974, 127(2): 296-297.
- [10] 闫学春, 栾培贤, 吴学工. 显微介导鳙基因镜鲤 F_1 代肌肉中蛋白质和氨基酸组成与含量[J]. 水产学杂志, 2022, 35(3): 15-21.
- YAN X C, LUAN P X, WU X G. Muscular protein and ammonia acid composition and contents of mirror carp (*Cyprinus carpio*) F_1 generation with microinjection of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) genes [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2022, 35(3): 15-21.
- [11] 徐俊华, 何浩然, 张响, 等. 长荡湖野生、养殖鳙 (*Aristichthys nobilis*) 肌肉营养成分的比较、分析与评价 [J]. 水产养殖, 2022, 43(3): 24-30.
- XU J H, HE H R, ZHANG X, et al. The nutritional components analysis and evaluation of the muscles of *Aristichthys nobilis* from Changdang Lake [J]. Journal of Aquaculture, 2022, 43(3): 24-30.
- [12] PERIAGO M J, AYALA M D, LÓPEZ-ALBORA O, et al. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. [J]. Aquaculture, 2005, 249(1/4): 175-188.
- [13] 郑陶生, 蒋艾青, 杨四秀. 不同水源池塘氮磷含量对鱼体主要成分的影响[J]. 水利渔业, 2004, 24(3): 17-19.
- ZHENG T S, JIANG A Q, YANG S X. Effects of nitrogen and phosphorus contents in different water sources on the chemical composition of fish bodies [J]. Journal of Hydroecology, 2004, 24(3): 17-19.
- [14] 赵睿智, 赵红雪, 邱小琼. 黑河干流浮游动物与水环境因子关系的多元分析[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(6): 81-88.
- ZHAO R Z, ZHAO H X, QIU X C. Relationship of zooplankton and water environmental factors in the main stem of Heihe River [J]. Journal of Hydroecology, 2020, 41(6): 81-88.
- [15] 周彦锋, 徐东坡, 单俊峰, 等. 3个地理群体大银鱼营养成分的分析与评价[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(5): 734-740.
- ZHOU Y F, XU D P, SHAN J F, et al. An analysis and evaluation of nutritional components of *Protosalanx hyalocranius* Abbott from three wild populations [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(5): 734-740.
- [16] 刘梅, 宓国强, 郭建林, 等. 池塘内循环流水养殖模式对黄颡鱼生长性能、形体指标、血清生化指标及肌肉营养成分的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1704-1717.
- LIU M, MI G Q, GUO J L, et al. Effects of internal-circulation pond aquaculture model on growth performance, morphological indices, serum biochemical indices and muscle nutritional components of *Pelteobagrus fulvidraco* [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(4): 1704-1717.
- [17] MERINO GE, PIEDRAHITA R H, CONKLIN D E. Effect of water velocity on the growth of California halibut (*Paralichthys californicus*) juveniles [J]. Aquaculture, 2007, 271(1/4): 206-215.
- [18] 蒋文枰, 程顺, 贾永义, 等. 两种养殖模式太湖鲌肌肉营养特性及食用品质的比较分析[J]. 水产学杂志, 2022, 35(6): 30-36.
- JIANG W C, CHENG S, JIA Y Y, et al. Comparative analysis of muscle nutritional characteristics and edible quality of (*Culter alburnus* ♀ × *Megalobrama terminalis* ♂) under two culture models [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2022, 35(6): 30-36.
- [19] 刘俊利, 熊邦喜, 吕光俊, 等. 两种不同营养类型水库鲢、鳙肌肉营养成分的比较[J]. 水产学报, 2011, 35(7): 1098-1104.
- LIU J L, XIONG B X, LYU G J, et al. Comparison on muscle composition of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis* in two reservoirs with different trophic levels [J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(7): 1098-1104.
- [20] 唐金玉, 叶建勇, 戴杨鑫, 等. 江苏日本沼虾4个野生种群肌肉营养成分比较[J]. 水生生物学报, 2021, 45(4): 801-808.
- TANG J Y, YE J Y, DAI Y X, et al. Comparison of muscle nutritional compositions of four wild oriental river prawn *Macrobrachium nipponense* populations in Jiangsu province [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2021, 45(4): 801-808.
- [21] 苏艳, 刁玲玲, 魏西会. 气相分子吸收光谱法测定污水中总氮的研究[J]. 山东化工, 2022, 51(22): 132-133, 136.
- SU Y, DIAO L L, WEI X H. Research of total-nitrogen analysis in waste water by gas-phase molecular absorption spectrometry [J]. Shandong Chemical Industry, 2022, 51(22): 132-133, 136.
- [22] 李平, 齐喜荣, 夏继刚, 等. 秦岭细鳞鲑野生种群与人工养殖种群肌肉营养成分的差异[J]. 生态学杂志,

- 2023, 42(1): 140-145.
- LI P, QI X R, XIA J G, et al. Differences in muscle nutrients between wild and cultured populations of *Brachymystax lenok tsinlingensis* [J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(1): 140-145.
- [23] 胡蓓娟. 三种养殖环境下鳙鱼肠道微生物群落结构及其对宿主品质影响的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2019.
- HU B J. Study on the gut microbial community structure of Bighead *crap* and its effect on the quality of its host under three kinds of culture environment [D]. Nanchang: Nanchang University, 2019.
- [24] STUBHAUG I, LIE Ø, TORSTENSEN B E. β -Oxidation capacity in liver increases during parr-smolt transformation of Atlantic salmon fed vegetable oil and fish oil[J]. Journal of Fish Biology, 2006, 69(2): 504-517.
- [25] STUBHAUG I, LIE Ø, TORSTENSEN B E. Fatty acid productive value and β -oxidation capacity in Atlantic salmon (*Salmosalar* L.) fed on different lipid sources along the whole growth period[J]. Aquaculture Nutrition, 2007, 13(2): 145-155.
- [26] TURCHINI G M, FRANCIS D S, DU Z, et al. Fish nutrition[m]. San Diego: Academic Press, 2022.
- [27] 徐后国. 饲料脂肪酸对鲈鱼幼鱼生长、健康及脂肪和脂肪酸累积的影响[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- XU H G. Effects of dietary fatty acids on growth performance, health and accumulation of lipids and fatty acids in juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013.
- [28] 徐坤华, 赵巧灵, 廖明涛, 等. 金枪鱼质构特性与感官评价相关性研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(12): 190-197.
- XU K H, ZHAO Q L, LIAO M T, et al. Research of relationship between texture and sensory evaluation of tuna [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(12): 190-197.
- [29] 张安青, 姜海波, 安苗, 等. 杜仲皮水提物对虹鳟生长和肌肉品质、质构特性的影响[J]. 动物营养学报, 2019, 31(4): 1943-1951.
- ZHANG A Q, JIANG H B, AN M, et al. Effects of *Eucommia ulmoides* oliver bark aqueous extract on growth and muscle quality and texture characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(4): 1943-1951.
- [30] NIELSEN D, HYLDIG G, NIELSEN J, et al. Liquid holding capacity and instrumental and sensory texture properties of herring (*Clupea harengus* L.) related to biological and chemical parameters[J]. Journal of Texture Studies, 2005, 36(2): 119-138.
- [31] 关文静, 朱艺峰, 陈芝丹. 鱼类肌纤维特性与鱼肉品质关系[J]. 水产科学, 2008, 27(2): 101-104.
- GUAN W J, ZHU Y F, CHEN Z D, et al. Muscle quality in fish related to characteristics of muscular fibers [J]. Fisheries Science, 2008, 27(2): 101-104.
- [32] 宋波澜. 水流因子对红鳍银鲫(*Barbodes schwanenfeldi*) 游泳行为、生长和生理生态影响的研究[D]. 广州: 暨南大学, 2008.
- GUAN B L. Effects of water current on swimming activity, growth and ecophysiological aspect of young *Barbodes schwanenfeldi*[D]. Guangzhou: Jinan University, 2008.
- [33] MEYER-ROCHOW V B, INGRAM J R. Red-white muscle distribution and fibre growth dynamics: a comparison between lacustrine and riverine populations of the southern smelt *Retropinna retropinna richardson* [J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 1993, 252(1334): 85-92.
- [34] 吴俊杰, 唐峰华, 郭全友, 等. 三种大洋性柔鱼的营养成分及品质[J/OL]. 水产学报, 2023: 1-11 [2023-03-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1283.s.20221229.1729.004.html>.
- WU J L, TANG F H, GUO Q Y, et al. Evaluation of the nutritional composition and quality in three pelagic squid species[J/OL]. Journal of Fisheries of China, 2023: 1-11 [2023-03-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1283.s.20221229.1729.004.html>.
- [35] JOHNSTON I A, MOON T W. Endurance exercise training in the fast and slow muscles of a teleost fish (*Pollachius virens*) [J]. Journal of Comparative Physiology, 1980, 135(2): 147-156.
- [36] BJØRNEVIK M, KARLSENØ, JOHNSTON I A, et al. Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod (*Gadus morhua* L.) [J]. Aquaculture Research, 2003, 34(1): 55-64.
- [37] 丁淑荃, 王光毅, 袁小琛, 等. 水库放养和池塘饲养鳙背肌质构特性与营养价值评价[J]. 水产学杂志, 2022, 35(2): 47-52, 58.
- DING S Q, WANG G Y, YUAN X C, et al. Muscular quality and nutritional value of bighead carp (*Aristichthys nobilis richardson*) raised in the reservoir and cultured in the pond[J]. Chinese Journal of Fisheries, 2022, 35(2): 47-52, 58.
- [38] 刘梅, 原居林, 练青平, 等. 不同流速对流水槽大口黑鲈生长性能、抗氧化能力、能量代谢及组织结构的影响[J]. 水生生物学报, 2023, 47(1): 25-36.
- LIU M, YUAN J L, LIAN Q P, et al. Different water flow rates on the growth performance, antioxidant capacity, energy metabolism and tissue structure of *Micropterus salmoides* under anin-pond recirculating aquaculture system [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2023, 47(1): 25-36.

Comparison of muscle characteristics of *Aristichthys nobilis* in three drinking water sources in Shanghai

ZHANG Yu^{1,2}, LI Chenyu^{1,2}, WANG Tao^{1,2}, CHEN Lijing^{1,2}, GONG Xiaoling^{1,2}

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to explore the differences of biochemical and physical properties of *Aristichthys nobilis* muscle in different operation and management modes and different reservoirs, the biochemical characteristics such as fat, protein, amino acid, fatty acid and physical properties such as texture of two-year-old bighead carp muscle in Qingcaosha Reservoir, Chenhang Reservoir and Jinze Reservoir were analyzed by conventional biochemical analysis and histological characteristics analysis. The results showed that the crude protein content of bighead carp muscle was between 18.11% and 19.38%, and the crude ash content was between 1.27% and 1.34%, without significant difference among the three reservoirs. The pH value (6.45%) and moisture content (80.69%) of bighead carp muscle in Qingcaosha Reservoir were significantly higher than those in Chenhang Reservoir (6.27%, 78.43%) and Jinze Reservoir (6.24%, 79.28%). The crude fat content of bighead carp in Jinze Reservoir (1.31%) was significantly higher than that in Qingcaosha Reservoir (0.93%) and Chenhang Reservoir (0.91%). There were 17 kinds of amino acids and fatty acids detected in the muscle of bighead carp in the three reservoirs. The contents of total SFA (14.15%) and MUFA (40.87%) in the muscle of bighead carp in Jinze Reservoir were significantly higher than those in Qingcaosha Reservoir (12.93%, 30.29%) and Chenhang Reservoir (11.18%, 29.64%). The contents of total PUFA in Qingcaosha Reservoir (56.79%) and Chenhang Reservoir (59.24%) were significantly higher than those in Jinze Reservoir (44.88%). The texture indexes such as hardness, elasticity and cohesiveness were significantly different, except for adhesion. The number and length of muscle cells of bighead carp in Jinze Reservoir were significantly lower than those in Qingcaosha Reservoir and Chenhang Reservoir. The results showed that different reservoir environments had no significant difference in crude protein and crude ash content of bighead carp muscle, but had significant difference in fat content and histological characteristics of muscle fiber. The muscle of bighead carp in the three reservoirs was a high-quality protein source, and the nutritional value of bighead carp muscle in Chenhang Reservoir was higher.

Key words: *Aristichthys nobilis*; muscle characteristics; nutritional components; texture; amino acids; fatty acids