

DOI: 10.3969/j.issn.2096-8248.2026.01.004

引用格式: 马国红, 宋理平, 许鹏, 等. 沂河不同水域鳙鱼肌肉营养成分分析与评价 [J]. 江苏海洋大学学报(自然科学版), 2026, 35(1): 30-36.

沂河不同水域鳙鱼肌肉营养成分分析与评价

马国红, 宋理平, 许鹏, 张廷华, 王秉利, 张媛媛, 吴君, 陈秀丽, 杜兴华

(山东省淡水渔业研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 为详细了解流鳙鱼在沂河不同水域中的营养品质, 充分评价沂河绿色健康增殖成果, 于 2023 年 3 月份分别在沂河干流中段(简称沂水)、沂河支流(沭河)、沂河干流流经水库(跋山水库) 3 处水域采集鳙鱼成鱼样本, 比较 3 个水域鳙鱼肌肉的常规营养成分、氨基酸、脂肪酸组成和含量并进行营养评价。结果表明: 沂水鳙鱼肌肉粗蛋白含量显著高于其他两个水域鳙鱼, 沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼肌肉必需氨基酸含量(EAA)显著高于沭河鳙鱼, 沂水鳙鱼肌肉必需氨基酸指数(EAAI)高于跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼, 跋山水库鳙鱼肌肉支/芳值(F 值)最高。跋山水库鳙鱼肌肉多不饱和脂肪酸(PUFA)含量最高, 沭河鳙鱼次之; 沂水鳙鱼肌肉单不饱和脂肪酸(MUFA)含量最高。故沂河不同水域鳙鱼营养价值虽略有不同, 但均属于比较优质的蛋白质来源。

关键词: 鳙鱼; 沂水; 沭河; 跋山水库; 营养成分

中图分类号: S932.4

文献标志码: A

文章编号: 2096-8248(2026)01-0030-07

Analysis and evaluation of nutritional composition in the muscle of *Hypophthalmichthys nobilis* from different waters of Yihe River

MA Guohong, SONG Liping, XU Peng, ZHANG Yanhua, WANG Bingli,

ZHANG Yuanyuan, WU Jun, CHEN Xiuli, DU Xinghua

(Shandong Freshwater Fisheries Research Institute, Jinan 250013, China)

Abstract: In this study, the nutritional composition of released *Hypophthalmichthys nobilis* (*H. nobilis*) in the Yihe River was investigated to evaluate the effects of green and sustainable aquaculture. Adult *H. nobilis* samples were collected in March 2023 from three representative locations; the midstream section of Yihe River (Yishui), a tributary (Benghe River), and a reservoir along the river course (Bashan Reservoir). The comparison and nutritional assessment were conducted on conventional nutritional composition, amino acid profile, as well as the composition and content of fatty acids in the *H. nobilis* muscle tissues. The results revealed that crude protein content in *H. nobilis* muscles from Yishui was significantly higher than in samples from Bashan Reservoir and Benghe River. Essential amino acid (EAA) levels were significantly higher in samples from both Yishui and Bashan Reservoir compared with those from the Benghe River. The essential amino acid index (EAAI) was highest in Yishui, whereas the ratio of branched-chain amino acids to aromatic amino acids (F value) was greatest in samples from Bashan

收稿日期: 2025-06-24; 修订日期: 2025-09-02

基金项目: 山东省虾蟹产业技术体系(SDAIT-13-05); 山东省鱼类产业技术体系(SDAIT-12-07)

作者简介: 马国红, 正高级工程师, 研究方向为水产养殖, (E-mail) jnmagh@163.com。

通信作者: 宋理平, 研究员, 博士, 研究方向为虾蟹健康养殖, (E-mail) Lpsyang1974@126.com。

Reservoir. Additionally, polyunsaturated fatty acid (PUFA) content was highest in samples from Bashan Reservoir, followed by those from Benghe River. The monounsaturated fatty acid (MUFA) content was highest in *H. nobilis* samples from Yishui. In conclusion, despite site-specific differences, *H. nobilis* across all locations demonstrated relatively high nutritional quality and value as a protein source.

Key words: *Hypophthalmichthys nobilis*; Yishui; Benghe River; Bashan Reservoir; nutrients

0 引言

沂河又名沂水,源自山东省沂源县田庄水库上源东支牛角山北麓,向北流过沂源县城后折向南,经沂水、沂南、临沂、蒙阴、平邑和郯城等县市,全长 574 km,流域面积 17 325 km²。跋山水库是沂河干流上的一座以防洪、灌溉为主,结合发电、养殖、旅游等综合利用的大型山区水库,为山东省第三大水库。沭河为沂河的最大支流,自源头(浚河源)至入沂河口全长 153 km,流域面积 3 379.3 km²。

鳙鱼(*Hypophthalmichthys nobilis*)隶属于鲤形目、鲤亚目、鲤科、鳙属。鳙鱼别名花鲢、黑鲢、胖头鱼、大头鲢。主要分布于亚洲东部地区,中国各大水系也均有分布,但以长江流域中、下游地区为主要产地。鳙鱼是典型的滤食性鱼类,食物为枝角类、桡足类等浮游动物和部分浮游植物,具有生长速度快、适应能力强、养殖产量高等特点^[1]。鳙鱼肌肉营养丰富,经济价值高,是著名的 4 大家鱼之一,是湖泊、水库、池塘等重要的养殖对象。

近年来,受农田施肥、污水排放、过度捕捞等影响,湖泊、河流、水库富营养化水平严重,鱼类种群和数量日益减少。而鳙鱼作为主要的滤食性鱼类,是增殖放流的主要品种。自 2011 年起,相关部门累计向沂河城区段和大型饮用水源地水库放流滤食性鱼类 5 亿多尾,利用生物手段养护沂河和水源地生态环境,涵养渔业资源。鱼类的营养价值因鱼类种类、栖息环境、养殖模式和摄食类型不同而产生差异^[2]。目前,关于不同地域之间鲢、鳙鱼及其他鱼类营养成分分析的研究有很多^[1-4]。对同一水域中不同的鱼类进行营养成分分析与比较的也有报道。张志华等^[5]对于桥水库放流鱼类鲤、鲫、鲢、鳙等肌肉营养成分进行了评价与分析;贾成霞等^[6]针对密云水库中放流的鲢、鳙鱼营养成分进行了研究。对同一河流中不同水域鱼类之间进行营养成分分析与比较的研究也见到报道。蒋湘辉等^[7]对鸭绿江上游和下游斑鳅肌肉常规营养成分及脂肪酸组成进行

了分析;苏玉红等^[8]对长江水系青鱼不同地理群体(湖南湘江、湖北石首、江苏邗江)肉质差异进行了比较。但关于同一河流不同水域之间鳙鱼肌肉营养成分分析的研究目前尚未见报道。为了充分了解放流鱼类鳙鱼的营养品质,详细评价沂河绿色健康养殖成果,本项目组于 2023 年 3 月中旬分别对沂河不同水域——沂河干流中段(以下简称沂水)、干流水库(跋山水库)、支流(沭河)3 处水域鳙鱼的肌肉品质进行了调查分析和评价,以期对今后增殖放流鱼类的种类配比、养殖效果,及河流、湖泊、水库的绿色健康生态养殖提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

分别于沂水(35°24'64"N, 118°47'32"E)、跋山水库(35°89'42"N, 118°55'12"E)、沭河(35°08'69"N, 118°34'70"E)3 处水域采样。每处水域各取鳙鱼 5~8 尾,鱼体质量为 725~1 038 g,就地称质量并采集鱼体背部两侧白肌。车载冰箱带回实验室,分别将肌肉用搅碎机搅碎拌匀,于 -18 °C 冰箱冷冻备用。

1.2 检测项目与分析方法

肌肉样品水分测定用电热恒温鼓风干燥箱(上海博讯 BGZ-246)采用恒温干燥法测定(GB 5009.3—2016),粗蛋白用全自动凯氏定氮仪(FOSS Kjeitec 8400)测定(GB 5009.5—2016),粗脂肪采用全自动脂肪提取仪(BUCHI CH 9230)测定(GB 5009.6—2016),粗灰分用马弗炉(Thermo BT 51794JC-1)测定(GB 5009.4—2016)。氨基酸和脂肪酸送山东省科学院分析测试中心测定,测定依据分别为 GB 5009.124—2016 和 GB 5009.168—2016。

1.3 评价方法

鱼体肌肉营养价值的评价,依据联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)1973 年建议的每克氮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

生研究所提出的鸡蛋蛋白质评分模式^[10],将所测得的必需氨基酸含量与FAO/WHO和鸡蛋蛋白质氨基酸含量进行比较,分别计算氨基酸评分(amino acids score, AAS)、化学评分(chemical score, CS),同时计算必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)和支/芳值(支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值 F),计算方法参考文献^[11-12]的方法。

1.4 数据分析

每个肌肉样品均测定3次,取其平均值作为此水域鳙鱼肌肉样品数值。所有实验数据均用Excel 2016进行计算。用SPSS Statistics 17.0中文统计软件对数据进行Duncan's法检验,进行多重比较,差异显著性标准为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 沂河不同水域鳙鱼肌肉常规成分的组成

由表1可以看出,沂河不同水域鳙鱼肌肉水分分为80.05%~80.67%,各水域鳙鱼肌肉水分之间无显著差

异($P>0.05$);肌肉粗蛋白含量为86.02%~89.38%,沂水鳙鱼肌肉粗蛋白含量显著高于跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼($P<0.05$),跋山水库鳙鱼与沭河鳙鱼之间无显著差异($P>0.05$);肌肉粗脂肪含量为5.72%~7.55%,沭河鳙鱼和跋山水库鳙鱼显著高于沂水鳙鱼($P<0.05$),沭河鳙鱼和跋山水库鳙鱼之间无显著差异($P>0.05$);肌肉粗灰分含量为5.94%~6.10%,3个水域鱼体间差异不显著($P>0.05$)。

表1 沂河不同水域鳙鱼肌肉常规成分
Table 1 Conventional composition of *H. nobilis* muscle from different waters of Yihe River

名称	肌肉常规成分(干物质)/%			
	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
沂水鳙鱼	80.37±0.13	89.38±0.68 ^b	5.72±0.48 ^a	5.94±0.06
跋山水库鳙鱼	80.05±0.09	87.12±0.04 ^a	7.08±0.25 ^b	6.10±0.13
沭河鳙鱼	80.67±0.43	86.02±0.09 ^a	7.55±0.17 ^b	6.06±0.10

注: 同列数据上标字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 沂河不同水域鳙鱼肌肉中氨基酸组成

沂河不同水域鳙鱼肌肉中氨基酸组成见表2。

表2 沂河不同水域鳙鱼肌肉氨基酸含量组成
Table 2 Amino acid content of *H. nobilis* muscle from different waters of Yihe River

种类	氨基酸	不同水域氨基酸含量/%		
		沂水鳙鱼	跋山水库鳙鱼	沭河鳙鱼
非必需氨基酸	天门冬氨酸(Aspartate, Asp)*	9.05±0.09	8.98±0.06	8.86±0.04
	丝氨酸(Serine, Ser)	3.80±0.02	3.77±0.04	3.72±0.02
	谷氨酸(Glutamate, Glu)*	13.04±0.12	13.41±0.05	13.11±0.07
	甘氨酸(Glycine, Gly)*	4.19±0.03	4.32±0.02	3.92±0.04
	丙氨酸(Alanine, Ala)*	4.98±0.08	4.87±0.04	4.91±0.04
	半胱氨酸(Cysteine, Cys)	1.30±0.02	1.19±0.01	1.20±0.10
	酪氨酸(Tyrosine, Tyr)	2.41±0.04 ^b	0.66±0.01 ^a	2.21±0.03 ^b
	脯氨酸(Proline, Pro)	4.53±0.05	4.73±0.03	4.49±0.03
非必需氨基酸(non-essential amino acids, NEAA)		43.30±0.10 ^c	41.93±0.07 ^a	42.42±0.09 ^b
半必需氨基酸	组氨酸(Histidine, His)	2.74±0.03	2.59±0.02	2.70±0.04
	精氨酸(Arginine, Arg)	2.74±0.04 ^b	2.14±0.02 ^a	2.50±0.05 ^b
	半必需氨基酸(semi-essential amino acids, SEAA)	5.48±0.05 ^c	4.73±0.03 ^a	5.20±0.07 ^b
必需氨基酸	苏氨酸(Threonine, Thr)	3.94±0.01	3.95±0.02	3.88±0.01
	缬氨酸(Valine, Val)	3.91±0.05	3.98±0.22	3.70±0.07
	蛋氨酸(Methionine, Met)	1.60±0.03 ^b	1.53±0.01 ^b	0.60±0.02 ^a
	异亮氨酸(Isoleucine, Ile)	3.30±0.05	3.51±0.03	3.23±0.02
	亮氨酸(Leucine, Leu)	6.76±0.11	6.95±0.07	6.66±0.05
	苯丙氨酸(Phenylalanine, Phe)	3.69±0.13	3.52±0.06	3.51±0.04
	赖氨酸(Lysine, Lys)	7.70±0.10	7.97±0.02	7.74±0.04
	必需氨基酸(essential amino acids, EAA)	30.90±0.35 ^b	31.41±0.29 ^b	29.32±0.18 ^a
鲜味氨基酸(delicious amino acids, DAA)		31.26±0.26 ^b	31.58±0.10 ^b	30.80±0.12 ^a
总氨基酸(total amino acids, TAA)		79.70±1.11 ^b	78.06±0.64 ^{ab}	76.94±0.16 ^a
比较	EAA/TAA (%)	38.77±0.43	40.24±0.59	38.11±0.24
	EAA/NEAA (%)	71.36±0.77 ^b	74.91±1.14 ^c	69.12±0.53 ^a
	DAA/TAA (%)	39.22±0.48	40.46±0.65	40.03±0.39

注: *为鲜味氨基酸,同行数据上标字母不同表示差异显著($P<0.05$)。下同。

沂河不同水域鳙鱼肌肉均含有常见的 17 种氨基酸, 氨基酸总量 (total amino acids, TAA) 为 76.94%~79.70%, 其中沂水鳙鱼含量最高, 沭河鳙鱼含量最低, 二者差异显著 ($P<0.05$), 跋山水库鳙鱼 TAA 与沭河鳙鱼和沂水鳙鱼差异不显著 ($P>0.05$)。17 种氨基酸中排名前 5 位的分别为谷氨酸、天门冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸和丙氨酸; 但不同水域鳙鱼肌肉中 17 种氨基酸含量大小存在一定差异, 其中蛋氨酸含量沭河鳙鱼显著低于沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼 ($P<0.05$), 沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼差异不显著 ($P<0.05$); 酪氨酸跋山水库鳙鱼含量最低, 显著低于沂水鳙鱼和沭河鳙鱼 ($P<0.05$); 3 个水域中跋山水库鳙鱼肌肉精氨酸含量最低, 显著低于沂水鳙鱼和沭河鳙鱼 ($P<0.05$)。沂河鳙鱼必需氨基酸 (essential amino acid, EAA) 含量为 29.32%~31.41%, 其中沭河鳙鱼含量最低, 显著低于沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼 ($P<0.05$); 非必需氨基酸 (non-essential amino acids, NEAA) 含量为 46.66%~48.78%, 其中沂河鳙鱼含量最高, 跋山水库鳙鱼含量最低, 3 个水域鳙鱼差异显著 ($P<0.05$); 半必需氨基酸 (semi-essential amino acid, SEAA)

含量为 4.73%~5.78%, 沂河鳙鱼 > 沭河鳙鱼 > 跋山水库鳙鱼; 谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸是肌肉中的鲜味氨基酸 (delicious amino acids, DAA), 沂河鳙鱼肌肉 DAA 含量为 30.80%~31.58%, 其中沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼之间差异不显著, 但二者均显著高于沭河鳙鱼 ($P<0.05$)。

2.3 沂河不同水域鳙鱼肌肉必需氨基酸营养价值评定

沂河不同水域鳙鱼肌肉必需氨基酸评价结果如表 3 所示。其中, 沂水鳙鱼肌肉 AAS 评分和 CS 评分基本都高于跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼 (除异亮氨酸低于跋山水库鳙鱼外), EAAI 为 73.81~83.60, 沂水鳙鱼最高, 沭河鳙鱼最低。沂水鳙鱼 AAS 第一限制性氨基酸为缬氨酸, CS 第一限制性氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸; 跋山水库鳙鱼 AAS 第一限制性氨基酸为苯丙氨酸 + 酪氨酸, CS 第一限制性氨基酸为蛋氨酸 + 胱氨酸; 沭河鳙鱼 AAS 和 CS 第一限制性氨基酸皆为蛋氨酸 + 胱氨酸; 3 个水域鳙鱼肌肉 F 值排列顺序为跋山水库鳙鱼 > 沭河鳙鱼 > 沂水鳙鱼。沂河 3 个水域鳙鱼肌肉中 EAA 含量均高于成人氨基酸需要量和 FAO/WTO 标准, 但均低于鸡蛋蛋白质评分模式。

表 3 沂河不同水域鳙鱼肌肉必需氨基酸评价
Table 3 Evaluation of essential amino acids of *H. nobilis* muscle from different waters of Yihe River

必需氨基酸	沂水鳙鱼			跋山水库鳙鱼			沭河鳙鱼			FAO/WTO 标准/(mg·g ⁻¹)	鸡蛋蛋白质含量/(mg·g ⁻¹)	成人氨基酸含量/(mg·g ⁻¹)
	含量/(mg·g ⁻¹)	AAS	CS	含量/(mg·g ⁻¹)	AAS	CS	含量/(mg·g ⁻¹)	AAS	CS			
Thr	292	1.17	1.00	280	1.12	0.96	279	1.12	0.96	250	292	56
Val	290	0.94	0.71	282	0.91	0.69	266	0.86	0.65	310	411	81
Met+Cys	215	0.98	0.56	193	0.88	0.50	129	0.59	0.33	220	386	106
Ile	244	0.98	0.74	249	1.00	0.75	232	0.93	0.70	250	331	56
Leu	501	1.14	0.94	493	1.12	0.92	478	1.09	0.90	440	534	119
Phe+Tyr	452	1.19	0.80	296	0.78	0.52	411	1.08	0.73	380	565	119
Lys	570	1.68	1.29	565	1.66	1.28	556	1.64	1.26	340	441	100
总计	2 564			2 358			2 351			2 190	2 960	637
EAAI	83.60			76.41			73.81					
支/芳值(F 值)	2.29			3.31			2.38					

2.4 沂河不同水域鳙鱼肌肉脂肪酸组成对比

沂河 3 个水域鳙鱼肌肉中均分别检测出 17 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA) 4 种, 单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid, MUFA) 5 种, 多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 8 种 (如表 4 所示)。SFA 沭河鳙鱼肌肉含量最高, 显著高于沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼 ($P<0.05$); 3 个水域鳙鱼肌肉 MUFA 含量排列顺序为沂水鳙鱼 > 跋山水库鳙鱼 > 沭河鳙鱼, 3 者之间差异显著 ($P<0.05$); ω -6 PUFA 排列

顺序为跋山水库鳙鱼 > 沭河鳙鱼 > 沂水鳙鱼, 3 个水域之间差异显著 ($P<0.05$), ω -3 PUFA 含量跋山水库鳙鱼最高, 沂水鳙鱼最低, 3 者之间差异显著 ($P<0.05$); EPA (eicosapentaenoic acid) 和 DHA (docosahexaenoic acid) 含量皆是跋山水库鳙鱼肌肉含量最高, 其中肌肉 EPA 含量跋山水库鳙鱼明显高于沭河鳙鱼和沂水鳙鱼 ($P<0.05$), DHA 含量沂水鳙鱼明显低于跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼 ($P<0.05$), EPA+DHA 含量为 14.44%~22.02%, 跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼显著高于沂水鳙鱼

($P<0.05$); 总不饱和脂肪酸含量跋山水库鳙鱼 > 汭河鳙鱼 > 沂水鳙鱼, 3个水域之间差异显著

($P<0.05$); 鱼体肌肉总脂肪酸含量沂水鳙鱼显著低于跋山水库鳙鱼和汭河鳙鱼 ($P<0.05$)。

表4 沂河不同水域鳙鱼肌肉脂肪酸组成
Table 4 Fatty acid composition of *H. nobilis* muscle from different waters of Yihe River

脂肪酸	不同水域肌肉脂肪酸组成 /%		
	沂水鳙鱼	跋山水库鳙鱼	汭河鳙鱼
C14:0 (肉豆蔻酸)	2.66±0.06 ^c	2.14±0.04 ^b	1.49±0.09 ^a
C16:0 (棕榈酸)	16.53±0.12 ^b	15.66±0.30 ^a	17.05±0.44 ^b
C18:0 (硬脂酸)	5.54±0.04 ^a	6.15±0.11 ^b	10.52±0.23 ^c
C20:0 (花生酸)	0.20±0.01	0.21±0.01	0.23±0.01
饱和脂肪酸 (saturated fatty acid, SFA)	24.93±0.39 ^a	24.16±0.84 ^a	29.29±1.15 ^b
C16:1 (棕榈油酸)	8.70±0.16 ^b	4.56±0.39 ^a	4.00±0.22 ^a
C18:1n-9c (油酸)	14.72±0.21 ^c	10.90±0.12 ^b	9.33±0.18 ^a
C18:1n-7 (异油酸)	4.65±0.19 ^b	3.62±0.09 ^a	3.89±0.10 ^a
C20:1 (二十烯酸)	1.63±0.03 ^b	0.94±0.07 ^a	0.93±0.12 ^a
C22:1n-9 (二十二碳戊烯酸)	0.26±0.07 ^a	0.20±0.03 ^a	0.74±0.01 ^b
单不饱和脂肪酸 (monounsaturated fatty acid, MUFA)	29.96±0.36 ^c	20.22±0.17 ^b	18.89±0.42 ^a
C18:2n-6c (亚油酸)	4.15±0.12 ^b	3.99±0.09 ^b	3.01±0.04 ^a
C18:3n-6 (γ-亚麻酸)	0.16±0.04	0.12±0.01	0.11±0.02
C20:3n-6 (二十碳三烯酸)	0.51±0.05 ^b	0.31±0.05 ^a	0.52±0.03 ^b
C20:4n-6 (花生四烯酸)	2.31±0.05 ^a	6.50±0.09 ^c	5.18±0.14 ^b
ω-6 多不饱和脂肪酸 (ω-6 PUFA)	7.13±0.24 ^a	10.92±0.12 ^c	8.83±0.16 ^b
C18:3n-3 (α-亚麻酸)	2.68±0.06 ^a	3.84±0.08 ^c	2.98±0.13 ^b
C20:5n-3 (eicosapentaenoic acid, EPA)	7.52±0.16 ^a	8.91±0.09 ^b	7.77±0.23 ^a
C22:5n-3 (二十二碳五烯酸)	1.34±0.04 ^a	2.80±0.08 ^b	3.28±0.05 ^c
C22:6n-3 (docosahexaenoic acid, DHA)	6.92±0.17 ^a	13.11±0.32 ^b	12.88±0.37 ^b
ω-3 多不饱和脂肪酸 (ω-3 PUFA)	18.45±0.33 ^a	28.67±0.56 ^c	26.90±0.41 ^b
多不饱和脂肪酸 (polyunsaturated fatty acid, PUFA)	25.58±0.21 ^a	39.59±0.89 ^c	35.73±0.72 ^b
ω-6/ω-3	0.39±0.05	0.38±0.06	0.33±0.07
EPA+DHA	14.44±0.18 ^a	22.02±0.24 ^b	20.65±0.31 ^b
总计	80.47±0.85 ^a	83.97±1.03 ^b	83.92±0.42 ^b

3 分析与讨论

3.1 不同水域鳙鱼肌肉常规成分含量的差异

蛋白质是组成机体一切细胞、组织和器官的重要成分, 机体所有重要的生命活动都需要蛋白质的参与。机体肌肉蛋白质和脂肪含量的大小与生物个体摄入的饵料、生存环境、规格、捕捞季节等因素都有一定的关系^[2]。本研究中沂水鳙鱼肌肉粗蛋白含量明显高于跋山水库鳙鱼和汭河鳙鱼, 这可能与本次研究的采样时间和采样环境有很大的关系: 春季3月份采样时, 沂水采样点水位较浅, 河水清澈见底, 有缓慢水流; 而跋山水库和汭河水位比较深, 水流稳定。一方面, 沂水水位较浅, 导致沂水冬季水体温度稍低于跋山水库和汭河, 鱼体为维持自身的生存与代谢需消耗大量的能量; 另一方面, 跋山水库和汭河采样区水域水位深、水流稳定, 水体水质营养状态高于沂水, 浮游生物含量相对较高, 且冬季水体普遍以脂肪含量比较高的硅藻、金藻等为优势

种群, 鳙鱼可以及时补充足够的能量; 除此之外, 沂水鳙鱼因水体流速快会导致脂肪优先作为能量被消耗, 况文明等^[13]在池塘两种养殖方式下草鱼的营养差异研究中也类似报道。因此, 沂河3个水域中沂水鳙鱼肌肉的蛋白含量最高而脂肪含量最低, 肌肉品质优于跋山水库鳙鱼和汭河鳙鱼。

3.2 不同水域鳙鱼肌肉氨基酸成分含量的差异

氨基酸是蛋白质的基本组成单位, 评价一种蛋白质品质的优劣, 氨基酸的种类、含量及组成比例是3大主要因素^[4], 其中, 必需氨基酸所占比例是蛋白质品质很重要的评价标准之一。本研究中17种肌肉氨基酸组成含量的排列顺序与其他水产品类似^[3-8]。在7种必需氨基酸中, 赖氨酸含量最高, 高于FAO/WTO规定的成人氨基酸需要量和鸡蛋蛋白质含量, 研究结果与前人结果类似^[14-15]。这对于我国普遍以谷物为主的膳食者来说, 正好可以弥补食谱中赖氨酸摄取量的不足, 从而提高人体对蛋白质的利用率。本研究中, 沂河3个水域鳙鱼氨基酸组

成种类和含量都比较丰富,根据FAO/WHO提出的评分模式标准,质量较好的蛋白质EAA/TAA需在40%以上,EAA/NEAA则在60%以上^[5-6]。本研究中EAA/TAA分别为38.77%,40.24%和38.11%,接近或超过FAO/WHO标准,与于桥水库^[5]和密云水库^[6]鳙鱼类似;且EAA/NEAA均超过60%,说明沂河各水域鳙鱼均是优质的蛋白质来源。其中,沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼EAA含量显著高于沭河鳙鱼,说明沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼蛋白质营养价值高于沭河鳙鱼。

鱼类的养殖环境和来源决定了其口感和风味^[16]。而动物蛋白质中DAA的组成和含量决定了其风味和鲜美程度。本研究中,各水域鳙鱼DAA/TAA含量接近或超过40%,表明沂河鳙鱼味道鲜美。同时,谷氨酸是鳙鱼中DAA含量最高的氨基酸,谷氨酸在提供鲜美味道的时候还是免疫细胞的主要能量物质,在免疫细胞功能运转中具有重要作用^[17],因此,经常食用沂河鳙鱼具有提高人体免疫力的作用。EAAI是评价鱼类蛋白质营养价值最常用的指标之一。EAAI沂水鳙鱼高于跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼,说明沂河不同水域中沂水鳙鱼蛋白质营养价值最高。高支/低芳氨基酸混合物具有保肝作用^[18],多食用F值高的食物对肝病患者的康复治疗会起到一定的帮助作用^[12]。本次研究中跋山水库鳙鱼肌肉F值最高,护肝保肝效果要好于其他两水域鳙鱼。

3.3 不同水域鳙鱼肌肉脂肪酸成分含量的差异

肌肉中脂肪酸的组成和含量决定了肉类的品质和食用者的健康^[19-20]。研究表明,脂肪降解形成的不同短链脂肪酸是导致机体不同种属之间特殊风味的主要物质^[21]。鱼肉是自然界中优质蛋白食品来源,是PUFA的主要供给者,因此,鱼肉中脂肪酸的组成与含量是鱼类肌肉营养价值重要的评价指标^[12]。

根据脂肪酸碳链的不饱和程度,脂肪酸分为SFA, MUFA和PUFA共3大类^[22],碳链结构不同,脂肪酸功能不同。研究发现MUFA能够调节血脂代谢,降低低密度脂蛋白胆固醇^[11, 23]。其中鱼类肌肉中含量较高的棕榈油酸(C16:1)对调节身体代谢、消炎和抑制人体细胞中的黑色素因子、改善皮肤色素沉着等有一定作用,同时还有保护心脏健康的作用^[24-25]。油酸(C18:1n-9c)具有调节血脂水平的作用,可以帮助降低血清中的胆固醇含量和血液黏稠度^[26]。沂河不同水域中鳙鱼肌肉皆含有比较高的油酸和棕榈油酸,且沂水鳙鱼肌肉棕榈油酸含量最

高,因此,食用沂水鳙鱼对降低血脂、血糖和预防心脑血管疾病等都有一定的促进作用。

PUFA在抗肿瘤和免疫调节、延缓衰老、减肥、美容等方面均具有重要的生理作用,对促进婴幼儿智力及脑发育等方面也有很重要的功能^[5-6]。沂河不同水域鳙鱼肌肉所测脂肪酸中,跋山水库鳙鱼PUFA含量最高,占比高达47.15%。 ω -3和 ω -6 PUFA是人体无法自行合成的脂肪酸,富含 ω -6 PUFA的饮食与炎症、血管收缩和血小板聚集有关, ω -3 PUFA有抑制血小板聚集、减轻炎症反应和抗氧化等多种生理作用,从而降低癌症和心血管疾病的发生率^[27]。按照世界卫生组织的要求,人体内 ω -6系列与 ω -3系列PUFA的理想比值应为1:1^[28]。 ω -6 PUFA主要存在于动物脂肪和植物油中,现代饮食方式导致人们普遍摄入 ω -6 PUFA过多,而水产品是 ω -3 PUFA的主要来源。沂河3水域鳙鱼肌肉 ω -6/ ω -3比值为0.33~0.39,低于于桥水库鳙鱼(0.99)^[5]和密云水库鳙鱼(0.50)^[6],说明沂河鳙鱼具有更高的营养价值。沂河鳙鱼肌肉中EPA和DHA含量尤其丰富,EPA和DHA是生理活性物质,具有抑制血小板凝集、降低胆固醇、防止动脉粥样硬化、预防老年痴呆及促进婴儿智力发育的功能^[29]。跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼肌肉EPA+DHA含量低于密云水库(23.79)^[6],高于美国鳙鱼(17.94)^[29]和其他文献报道的含量(17.3)^[30]、(19.59)^[31]。同时,MUFA与DHA和EPA具有一定的协同作用,可用于治疗白细胞营养不良等症^[5, 32]。因此,虽然沂河不同水域鳙鱼脂肪酸组成与含量存在差异,但皆是不饱和脂肪酸的优质来源。

4 小结

综上所述,沂河不同水域中沂水鳙鱼肌肉粗蛋白含量显著高于其他两水域鳙鱼;沂水鳙鱼和跋山水库鳙鱼EAA含量显著高于沭河鳙鱼;EAAI沂水鳙鱼高于跋山水库鳙鱼和沭河鳙鱼;跋山水库鳙鱼F值最高;沂水鳙鱼MUFA含量最高;跋山水库鳙鱼PUFA含量最高,沭河鳙鱼PUFA含量仅次于跋山水库鳙鱼。故得出结论,沂河不同水域鳙鱼营养价值虽略有不同,但皆属于比较优质的蛋白质来源。

参考文献:

- [1] 王静,雷春云,梁祥.鲢、鳙的滤食器官和消化组织特征以及摄食策略[J].云南农业大学学报(自然科学版),

- 2023, 38 (6): 942-947.
- [2] PYZ LUKASIK R, CHALABIS MAZUREK A, GONDEK M. Basic and functional nutrients in the muscles of fish; a review [J]. *International Journal of Food Properties*, 2020, 23 (1): 1941-1950.
- [3] 王立改, CORNEL A, 楼宝, 等. 四个地域小黄鱼肌肉营养成分分析与评价 [J]. *营养学报*, 2018, 40 (2): 203-205.
- [4] 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.
- [5] 张志华, 张达娟, 李泽利, 等. 于桥水库4种经济鱼类肌肉营养成分分析与评价 [J]. *饲料工业*, 2024, 45 (16): 92-98.
- [6] 贾成霞, 曲疆奇, 李永刚, 等. 密云水库鲢鱼、鳙鱼营养成分分析与评价 [J]. *水产科学*, 2019, 38 (1): 40-47.
- [7] 蒋湘辉, 王兴兵, 寇凌霄, 等. 鸭绿江上游和下游斑鳊肌肉常规营养成分及脂肪酸组成分析 [J]. *渔业研究*, 2023, 45 (6): 569-576.
- [8] 苏玉红, 谢楠, 郭加民, 等. 长江水系青鱼不同地理群体肉质差异比较 [J]. *水产科技情报*, 2022, 49 (4): 200-205.
- [9] FAO/WHO, Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements [R]. Geneva: World Health Organization, 1973.
- [10] 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: 30-82.
- [11] 刘胜男, 王善宇, 曹荣, 等. 不同规格玉筋鱼的营养分析与评价 [J]. *渔业科学进展*, 2022, 43 (1): 188-194.
- [12] 孙树奎, 高琦, 吴龙华, 等. 日粮中添加磷脂粉对鲤鱼生长及肌肉营养成分的影响 [J]. *江苏海洋大学学报(自然科学版)*, 2020, 29 (1): 12-16.
- [13] 况文明, 唐仁军, 薛洋, 等. 池塘两种养殖方式下草鱼的营养差异 [J]. *水产学报*, 2020, 44 (12): 2028-2036.
- [14] 孙中武, 尹洪滨. 六种冷水鱼肌肉营养成分分析与评价 [J]. *营养学报*, 2004, 26 (5): 386-388.
- [15] 谭德清, 王剑伟, 但胜国. 黑尾近红鲌含肉率及肌肉营养成分分析 [J]. *水生生物学报*, 2004, 28 (3): 240-246.
- [16] HU Beijuan, ZHOU Jie, QIU Huimin, et al. Comparison of nutritional quality and volatile flavor compounds among bighead carp from three aquaculture systems [J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, 28 (8): 4291-4299.
- [17] 乐怡荣, 肖炜, 邹芝英, 等. 奥尼罗非鱼肌肉营养成分分析和营养价值评定 [J]. *中国农学通报*, 2015, 31 (11): 88-93.
- [18] 史文轲, 谢赛阳, 邓伟. 支链氨基酸与心血管疾病的研究进展 [J]. *心血管病学进展*, 2023, 44 (4): 326-330.
- [19] 李晓亚, 唐德富, 李发弟, 等. 反刍动物肌肉脂肪酸对肉品质的影响及其调控因素 [J]. *动物营养学报*, 2016, 28 (12): 3749-3756.
- [20] 张嫚, 周光宏, 徐幸莲. 脂肪酸对肉类品质的影响 [J]. *肉类工业*, 2004 (11): 12-14.
- [21] ELMORE J S, MOTTRAM D S. The role of lipid in the flavour of cooked beef [J]. *Developments in Food Science*, 2006, 43: 375-378.
- [22] 艾克达·热合曼, 黄晶, 邹宇婷, 等. 瓦氏雅罗鱼3个养殖群体种质差异分析 [J]. *淡水渔业*, 2024, 54 (5): 81-91.
- [23] 庄海旗, 刘江琴, 崔燎, 等. 4种狗母鱼科鱼类肌肉脂肪酸分析 [J]. *水产科学*, 2020, 39 (4): 602-608.
- [24] 唐迪, 邹焯, 仰榴青. GC-MS分析木瓜籽油中的脂肪酸组成 [J]. *江苏农业科学*, 2012, 40 (10): 301-302.
- [25] THOMSEN C, RASMUDDEN O, LOUSEN T, et al. Differential effects of saturated and monounsaturated fatty acids on postprandial lipemia and incretin responses in healthy subjects [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 69 (6): 1135-1143.
- [26] 张伟敏, 钟耕, 王炜. 单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研究概况 [J]. *粮食与油脂*, 2005 (3): 13-15.
- [27] SAINI R K, KEUM Y S. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: dietary sources, metabolism, and significance—a review [J]. *Life Science*, 2018, 203 (4): 255-267.
- [28] SIMOPOULOS A P. Genetic variants in the metabolism of omega-6 and omega-3 fatty acids: their role in the determination of nutritional requirements and chronic disease risk [J]. *Experimental Biology and Medicine*, 2010, 235 (7): 785-795.
- [29] 马旭婷, 钱攀, 戴志远. 美国鳙鱼和鲢鱼的营养成分分析与评价 [J]. *中国食品学报*, 2016, 16 (11): 273-280.
- [30] 刘玉芳. 中国5种淡水鱼脂肪酸组成分析 [J]. *水产学报*, 1991, 15 (2): 169-171.
- [31] 武华, 阴晓菲, 罗永康, 等. 腌制鳙鱼片在冷藏过程中品质变化规律的研究 [J]. *南方水产科学*, 2013, 9 (4): 69-74.
- [32] 张伟敏, 钟耕, 王炜. 单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研究概况 [J]. *粮食与油脂*, 2005 (3): 13-15.

(责任编辑: 褚金红)