

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20200507001

http://www.yykxjz.cn/

何伟, 罗辉, 杜思雨, 熊子标, 敬庭森, 章杰. 三种营养类型水库和人工养殖池塘鳙鱼养成品的肌肉品质差异. 渔业科学进展, 2021, 42(6): 135-141

HE W, LUO H, DU S Y, XIONG Z B, JING T S, ZHANG J. Differences in meat quality of bighead carp between the three nutritional types of reservoir and artificial culture pond. Progress in Fishery Sciences, 2021, 42(6): 135-141

三种营养类型水库和人工养殖池塘鳙鱼 养成品的肌肉品质差异*

何伟¹ 罗辉² 杜思雨¹ 熊子标² 敬庭森² 章杰^{2①}

(1. 重庆两江生态渔业发展有限公司 重庆 401120; 2. 西南大学动物科学技术学院 重庆 402460)

摘要 为探究不同水体营养类型对鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)肌肉营养成分组成和含量的影响, 采用单因素实验设计, 选择富、中、贫营养型天然水库和人工池塘的鳙鱼(体长为 44.98~48.98 cm; 体重为 1946.37~2289.32 g), 测定其常规肉物性、营养成分、氨基酸和脂肪酸组成。结果显示, 不同水体营养类型对鳙鱼肉 pH 值、 a^* 值、剪切力、水分和粗灰分无显著影响($P>0.05$)。相比人工池塘, 天然水库鳙鱼 L^* 值、蒸煮损失率显著降低($P<0.05$); 贫营养型水库鳙鱼粗脂肪含量显著降低($P<0.05$); 中、贫营养型水库鳙鱼粗蛋白含量显著降低($P<0.05$)。不同营养型水库之间相比, 富、中营养型水库鳙鱼粗脂肪含量显著高于贫营养型水库($P<0.05$); 富营养型水库鳙鱼粗蛋白显著高于中、贫营养型水库($P<0.05$)。天然水库和人工池塘鳙鱼均检出 17 种氨基酸和 13 种脂肪酸, 但天然水库鳙鱼必需氨基酸、棕榈酸、豆蔻酸和二十碳一烯酸含量显著高于人工池塘($P<0.05$)。研究表明, 天然水库鳙鱼具有肉色优质、肌肉系水力强、低脂肪和必需氨基酸含量高等优点。

关键词 水体营养类型; 鳙鱼; 肌肉品质; 营养成分

中图分类号 S963 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2021)06-0135-07

鳙鱼(*Aristichthys nobilis*)是我国特有的淡水经济鱼类, 具有生长速度快、抗病力强、高蛋白、低脂肪、低胆固醇等优点。它分布广泛, 适合大规模养殖, 与草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)和鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)并称为“四大家鱼”。我国鳙鱼年产量维持在 310 万 t 左右, 其饲养量在我国鱼类养殖中占据着主导地位。目前, 鳙鱼的饲养主要以人工池塘饲养为主, 国内外对鳙鱼的生化遗传(Lu *et al.*, 1997)、控藻(Miura, 1990)、营养成分等进行了大量研究。但随着社会经济的发展, 消

费者对食物品质提出了更高的要求, 特别是对营养价值的关注。研究指出, 鱼肉的品质受到多种因素的影响, 如饲养环境、饵料、年龄和季节等(宋咏, 2014)。曹颖霞等(2007)研究发现, 人工池塘鱼肉粗灰分含量显著高于水库养殖鱼, 而粗脂肪含量显著降低。宋超等(2007)研究指出, 与野生中华鲟(*Acipenser sinensis*)相比, 人工养殖中华鲟肌肉水分和粗蛋白含量显著降低, 粗脂肪含量显著升高。过正乾等(2012)研究表明, 野生鲤鱼(*Cyprinus carpio*)肌肉粗蛋白含量显著高于人工养殖鲤鱼。鳙鱼为中上层滤食性鱼类, 其食物来

* 重庆市技术创新与应用发展专项(cstc2019jscx-dxwtB0033)资助 [This work was supported by the Special Fund for Chongqing Technology Innovation and Application Development (cstc2019jscx-dxwtB0033)]. 何伟, E-mail: 907365144@qq.com

① 通讯作者: 章杰, E-mail: zhangjie813@163.com

收稿日期: 2020-05-07, 收修改稿日期: 2020-06-20

源主要是水中的浮游生物,而浮游生物受水环境因子的影响较大,是反映水环境的重要指标(Larsen *et al.*, 2003),故不同营养型水库浮游生物的群落组成存在一定差异。因此,本研究以鳙鱼为研究对象,分析比较不同营养型天然水库与人工池塘的鳙鱼鱼肉品质特性,以期了解水体营养类型对鳙鱼鱼肉品质的影响情况,为进一步研究鳙鱼的科学养殖提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

选择3座不同营养型的天然水库(富、中、贫营养型水库),以人工池塘(CK)作对照,选取体况良好、达到上市规格的鳙鱼(体长:44.98~48.98 cm;体重:1946.37~2289.32 g)为研究对象。人工池塘平均水深1.8 m、长约135 m、宽约60 m,面积约8000 m²,饲养密度40尾/亩,饲养规格350~400 g,饲养8个月(放种时间:3月;采样时间:11月),以全价配合饲料(广东海大集团)进行饲养。富营养型水库正常水位372 m,最大水深27 m,库容2138万m³,水面面积171.2万m²,放养密度30尾/亩;中营养型水库正常水位950 m,最大水深77 m,库容1640万m³,水面面积67.3万m²,放养密度20尾/亩;贫营养型水库正常水位352 m,最大水深42 m,库容13210万m³,水面面积961万m²,放养密度10尾/亩。水库中的鳙鱼放养规格约为50 g,放养3年,均以天然饵料为食,不进行任何人工饲养。鳙鱼打捞出来后,立即测定其体重、体长,然后在冰上剖出内脏,用滤纸吸干体表血液和水分,去除鱼鳞和鱼皮,取脊椎两侧肌肉以待后续测定。

1.2 实验方法

使用Lovibond RM200色差仪对肉色(亮度 L^* 、红绿 a^* 、黄蓝 b^*)进行测定;参照景电涛等(2019)的方法

并适当修改,将肌肉切成2.0 cm×1.5 cm×1.5 cm的规格,采用TA.XT Plus嫩度分析仪测定剪切力;参照GB 5009.237-2016测定肌肉pH值;参照宋敏(2018)的方法测定蒸煮损失率;参照GB 5009.3-2016直接干燥法测定水分含量,参照GB 5009.4-2016灼烧法测定灰分含量;参照GB 5009.5-2016凯氏定氮法测定粗蛋白含量;参照GB 5009.6-2016索氏抽提法测定粗脂肪含量;参照GB 5009.124-2016氨基酸自动分析仪测定法测定氨基酸含量;参照GB 5009.168-2016气相色谱法测定脂肪酸含量。

1.3 数据分析

实验数据采用SPSS 22.0软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),显著性水平设置为 $P<0.05$,如存在显著差异,用Duncan法进行多重比较。

2 结果

2.1 水库水质检测

对选择的3个天然水库水质进行检测(表1),根据SL 218-98《水库渔业营养类型划分标准》,其分别对应富营养型水库(H)、中营养型水库(M)和贫营养型水库(L)。

2.2 常规肌肉品质的组间差异

由表2可知,各实验组鳙鱼肉的pH值、 a^* 值和剪切力均无显著差异($P>0.05$)。与人工池塘相比,天

表1 天然水库水质检测结果

类型 Type	总磷 Total phosphorus	总氮 Total nitrogen	化学耗氧量 Chemical oxygen demand
H	0.10	5.0	13
M	0.03	0.7	8
L	0.01	0.1	2

表2 各实验组鳙鱼的常规肌肉品质

Tab.2 The conventional muscle quality of bighead carp in all experimental groups (n=25)

项目 Items	CK	H	M	L
pH	6.71±0.16	6.76±0.14	6.70±0.19	6.74±0.47
L^*	46.21±4.29 ^b	40.48±3.39 ^a	41.18±3.00 ^a	40.49±2.26 ^a
a^*	3.71±0.39	4.15±0.39	4.14±0.31	4.21±0.41
b^*	1.78±0.32 ^c	3.24±0.47 ^a	2.11±0.51 ^b	1.75±0.65 ^c
剪切力 Shear force/N	14.67±1.58	14.71±2.81	14.25±1.96	14.93±2.23
蒸煮损失率 Cooking loss rate/%	17.83±0.04 ^c	11.26±0.04 ^a	14.23±0.02 ^b	14.77±0.10 ^b

注:同行数据肩注不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同

Notes: In the same row, data with different small letter superscripts are significantly different ($P<0.05$). The same as below

然水库鳙鱼肉 L^* 值和蒸煮损失率显著降低($P<0.05$); H 和 M 组 b^* 值显著增加($P<0.05$)。此外, H 组 b^* 值显著高于 M 和 L 组($P<0.05$)。

2.3 常规营养成分组成的组间差异

由表 3 可知,各实验组鳙鱼肉水分和粗灰分含量无显著影响($P>0.05$)。与对照组相比, L 组鳙鱼肉粗脂肪含量显著降低($P<0.05$); M 和 L 组鳙鱼肉粗蛋白含量显著降低($P<0.05$)。此外, H 组鳙鱼肉粗蛋白含

量显著高于 L 组($P<0.05$)。

2.4 氨基酸含量的组间差异

由表 4 可知,天然水库和人工池塘鳙鱼肉均检出 17 种氨基酸,其中,必需氨基酸 7 种,非必需氨基酸 8 种,半必需氨基酸 2 种。与人工池塘相比,天然水库鳙鱼肉的苏氨酸、丝氨酸、胱氨酸、缬氨酸、赖氨酸和必需氨基酸含量均显著增加($P<0.05$),但组氨酸含量显著降低($P<0.05$)。

表 3 各实验组鳙鱼的常规营养成分
Tab.3 Conventional nutrients of bighead carp in all experimental groups/% ($n=25$)

项目 Items	CK	H	M	L
水分 Moisture	80.44±0.92	80.83±1.01	80.55±0.83	80.39±2.78
粗灰分 Crude ash	1.25±0.09	1.25±0.17	1.32±0.13	1.15±0.08
粗脂肪 Crude fat	1.30±0.16 ^a	1.29±0.28 ^a	1.25±0.13 ^a	1.15±0.18 ^b
粗蛋白质 Crude protein	17.54±1.28 ^a	16.94±1.06 ^a	16.17±1.15 ^b	16.19±1.64 ^b

表 4 各实验组鳙鱼的氨基酸含量
Tab.4 Amino acid content of bighead carp in different experimental groups/% ($n=6$)

项目 Item	CK	H	M	L
天冬氨酸 Asp ^{*△}	9.13±0.16	9.22±0.06	9.12±0.05	9.37±0.06
苏氨酸 Thr ^{&}	3.97±0.07 ^c	4.03±0.04 ^a	4.05±0.04 ^{ab}	4.09±0.02 ^b
丝氨酸 Ser [△]	3.53±0.06 ^b	3.61±0.04 ^a	3.61±0.07 ^a	3.66±0.02 ^a
谷氨酸 Glu ^{*△}	13.95±0.24	14.20±0.08	13.96±0.67	14.27±0.10
甘氨酸 Gly ^{*△}	3.94±0.12	3.86±0.08	3.98±0.11	3.95±0.11
丙氨酸 Ala ^{*△}	5.16±0.09	5.22±0.02	5.21±0.22	5.18±0.04
胱氨酸 Cys [△]	0.67±0.09 ^b	0.84±0.11 ^a	0.85±0.08 ^a	0.82±0.09 ^a
缬氨酸 Val ^{&}	4.50±0.09 ^c	4.57±0.06 ^b	4.62±0.07 ^{ab}	4.68±0.02 ^a
蛋氨酸 Met ^{&}	2.80±0.05	2.85±0.09	2.80±0.09	2.84±0.06
异亮氨酸 Ile ^{&}	4.22±0.08	4.34±0.02	4.38±0.07	4.35±0.03
亮氨酸 Leu ^{&}	7.67±0.14	7.85±0.05	7.87±0.14	7.90±0.04
酪氨酸 Tyr [△]	3.09±0.07	3.07±0.10	3.10±0.12	3.15±0.09
苯丙氨酸 Phe ^{&}	3.93±0.07	3.89±0.09	3.87±0.12	3.96±0.05
赖氨酸 Lys ^{&}	8.80±0.17 ^b	9.03±0.08 ^a	8.97±0.12 ^a	9.05±0.05 ^a
组氨酸 His [#]	2.80±0.11 ^c	2.15±0.09 ^a	2.18±0.21 ^a	2.72±0.10 ^b
精氨酸 Arg [#]	5.57±0.08 ^a	5.62±0.03 ^a	5.62±0.10 ^a	5.77±0.04 ^b
脯氨酸 Pro [△]	2.85±0.06	2.73±0.03	2.62±0.40	2.86±0.05
氨基酸总量 TAA	86.26±1.40	87.08±0.45	86.79±2.39	88.60±0.33
鲜味氨基酸 DAA	32.19±0.52	32.51±0.17	32.27±1.25	32.75±0.18
必需氨基酸 EAA	35.88±0.62 ^b	36.57±0.23 ^a	36.56±0.59 ^a	36.86±0.15 ^a
非必需氨基酸 NEAA	42.32±0.64	42.76±0.21	42.45±1.80	43.24±0.19
必需氨基酸/氨基酸总量 EAA/TAA	41.59±0.07 ^b	41.98±0.12 ^{ab}	42.13±0.72 ^a	41.61±0.17 ^b

注: *: 鲜味氨基酸; &: 必需氨基酸; #: 半必需氨基酸; △: 非必需氨基酸

Note: *: Delicious amino acids (DAA); &: Essential amino acid (EAA); #: Semi-essential amino acid (SEAA); △: Nonessential amino acid (NEAA)

2.5 脂肪酸含量的组间差异

由表5可知,与人工池塘相比,天然水库鳙鱼肉棕榈酸含量显著增加($P<0.05$); M和L组鳙鱼肉豆蔻

酸含量显著增加($P<0.05$); H和M组鳙鱼肉二十碳一烯酸含量显著增加($P<0.05$); L组鳙鱼肉饱和脂肪酸含量显著升高($P<0.05$)。

表5 各实验组鳙鱼的脂肪酸含量
Tab.5 Fatty acid content of bighead carp in different experimental groups/% ($n=6$)

项目 Items	CK	H	M	L
月桂酸 C ₁₂ H ₂₄ O ₂	0.10±0.01	0.11±0.01	0.15±0.02	0.13±0.01
豆蔻酸 C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1.41±0.03 ^b	1.71±0.06 ^{ab}	2.65±0.09 ^a	2.59±0.10 ^a
棕榈酸 C ₁₆ H ₃₂ O ₂	13.82±1.39 ^b	16.08±2.09 ^a	16.05±1.03 ^a	16.37±0.87 ^a
棕榈烯酸 C ₁₇ H ₃₂ O ₂	2.62±0.35	3.55±0.09	4.24±0.14	4.24±0.21
硬脂酸 C ₁₈ H ₃₆ O ₂	11.40±1.36	9.43±1.74	10.07±1.26	11.47±1.97
油酸 C ₁₈ H ₃₄ O ₂	18.23±6.17	21.20±4.85	15.50±3.18	14.56±1.99
亚油酸 C ₁₈ H ₃₂ O ₂	7.11±0.54	9.71±0.55	6.72±0.71	4.01±0.59
亚麻酸 C ₁₈ H ₃₀ O ₂	3.08±0.87	2.44±0.43	3.05±0.44	3.43±0.82
花生酸 C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0.33±0.11	0.32±0.01	0.43±0.08	0.32±0.08
二十碳一烯酸 C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0.85±0.03 ^b	0.93±0.02 ^a	1.14±0.07 ^a	0.86±0.04 ^{ab}
二十碳五烯酸 C ₂₀ H ₃₀ O ₂	5.24±1.28	5.20±0.81	5.52±1.21	5.29±0.60
二十二碳六烯酸 C ₂₂ H ₃₂ O ₂	13.28±2.20	11.35±2.85	14.67±1.71	15.98±2.95
其他脂肪酸 Others	21.48±3.67	19.48±2.92	21.48±2.71	20.40±2.53
SFA	27.11±3.29 ^a	27.64±2.48 ^a	27.36±1.38 ^a	30.88±1.93 ^b
MUFA	32.05±5.19	37.28±6.56	29.55±5.73	30.92±1.96
PUFA	10.20±1.66	12.14±1.14	9.77±1.55	9.44±1.30

注: SFA: 饱和脂肪酸; MUFA: 单不饱和脂肪酸; PUFA: 多不饱和脂肪酸

Notes: SAF: Saturated fatty acid; MUFA: Monounsaturated fatty acid; PUFA: Polyunsaturated fatty acids

3 讨论

3.1 不同水体营养类型对鳙鱼常规肌肉品质的影响

肉质常用 pH 值、肉色和剪切力等指标进行衡量。本研究中,不同水体营养类型下饲养鳙鱼肌肉 pH 值均在 6.70 左右,这与雒莎莎等(2011)报道的新鲜鳙鱼肌肉 pH 值为 6.76 结果一致。鱼肉 pH 值与肉的嫩度等有密切关系,鱼肉 pH 值降低,其嫩度也会有所下降(赵亮, 2012)。本研究中,天然水库和人工池塘鳙鱼肉 pH 值未表现出显著差异,这表明在不同水体营养类型下饲养,对鳙鱼肌肉 pH 值无显著影响,其嫩度也可能无显著影响,本研究也验证了这一结论。肉色决定了消费者的购买欲望,是消费者选择肉类产品最直观的指标。本研究中,人工池塘环境下鳙鱼肉 L^* 值显著增加,但吕帆(2015)研究指出,不同养殖水体对福瑞鲤的肉色无显著影响,本研究与其存在差异的原因可能是实验动物的不同。研究指出,肌肉 a^* 值越小、 b^* 值越大,表明肉色越佳(Chen *et al*, 1995)。本研究中,鳙鱼肉 a^* 值受环境影响不显著,但富、中营养型水库鳙鱼肉 b^* 值显著高于人工池塘,其原因可

能是水库营养丰富,浮游生物种类较多,鳙鱼可采食大量有利于改善肉色沉积的藻类物质,从而促进肉色的改善。本研究中,天然水库鳙鱼肉蒸煮损失率均显著低于人工池塘,表明在天然水库环境下,鳙鱼肉的系水力更强,这与程辉辉等(2016)报道的生态草鱼系水力强于饲料草鱼结果类似,其原因可能是天然水库饲养密度小,鳙鱼活动空间大,从而促进了肌肉系水力的提升;也可能是由于不同水体营养类型下饲养,其食物的组成不同所致(程辉辉等, 2016)。

3.2 不同水体营养类型对鳙鱼肌肉常规营养成分的影响

肌肉成分的变化主要与品种、饲养环境和食物组成等有关。研究表明,不同饲养方式下鱼类的食物组成是存在差异的,其对鱼类肌肉营养成分的组成有一定影响(王志铮等, 2013)。本研究中,人工池塘鳙鱼肉粗脂肪含量高于天然水库,其原因可能是由于人工池塘饲喂的饲料中添加了富含脂肪的物质,加之饲养密度较大,活动减少,从而导致粗脂肪含量显著增加。对草鱼(程辉辉等, 2016)、大麻哈鱼(*Oncorhynchus keta*) (王继隆等, 2019)、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)

(林郁葱等, 2011)等在天然放养与人工养殖方式下肌肉脂肪含量变化的研究均证实此结果。但唐雪等(2011)研究指出, 野生刀鲚(*Coilia nasus*)肌肉粗脂肪含量高于人工养殖。本研究与其存在差异的原因可能与食物组成有关, 刀鲚主要以虾类物质作为主要的食物来源, 而虾类物质营养价值比配合饲料更高, 从而更能促进肌肉脂肪的沉积(叶佳林, 2006)。因此, 野生与人工养殖鱼类之间粗脂肪含量存在差异, 不仅与生活环境有关, 而且与食物组成也有一定关系(González *et al.*, 2006)。本研究中, 中、贫营养型水库鳙鱼肉中粗蛋白含量显著低于高营养型水库和人工池塘, 其原因可能是高营养型水库浮游生物种类丰富, 能有效地促使鳙鱼采食的多样性, 进而促进肌肉蛋白质的沉积, 而人工池塘采用配合饲料饲喂, 也能促进肌肉粗蛋白含量的提升。

3.3 不同水体营养类型对鳙鱼肉氨基酸的影响

本研究在鳙鱼肉中均检出 17 种氨基酸, 其中, 必需氨基酸 7 种, 非必需氨基酸 8 种, 说明鳙鱼肉氨基酸组成种类齐全, 但色氨酸未检出, 其原因可能是色氨酸在进行酸水解时被分解(赵亭亭等, 2019)。本研究中, 天然水库和人工池塘鳙鱼肉中的谷氨酸含量最高, 其次为天冬氨酸和赖氨酸, 这与草鱼(程辉辉等, 2016)、鳊鱼(*Elopichthys bambusa*)(戴阳军等, 2012)的氨基酸含量排序结果基本一致。本研究中, EAA/TAA 均在 40% 以上。根据 FAO/WHO 的理想模式, 优质蛋白质组成的氨基酸 EAA/TAA 为 40% 左右, 表明天然水库和人工池塘环境饲养鳙鱼肉均属于优质蛋白质来源。此外, 天然水库鳙鱼肉 EAA/TAA 略高于人工池塘, 说明天然水域对促进鳙鱼肉氨基酸组成的平衡有一定作用, 但具体机制有待进一步研究。

肉中谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸和丙氨酸等鲜味氨基酸含量的高低决定了肉的口感和鲜美程度(唐雪等, 2011)。本研究中, 天然水库鳙鱼肉鲜味氨基酸含量均高于人工池塘, 但差异不显著, 这与程汉良等(2013)对草鱼的研究结果基本一致。另外, 天然水库鳙鱼肉必需氨基酸含量显著高于人工池塘, 这与草鱼(程汉良等, 2013)、石斑鱼(*Epinephelus akaara*)(陈学豪等, 1994)的研究结果基本一致, 其原因可能是天然水库浮游生物种类丰富, 鳙鱼在采食后, 对提升其肉的必需氨基酸含量有所帮助。

3.4 不同水体营养类型对鳙鱼肉脂肪酸的影响

本研究中, 天然水库和人工池塘环境饲养鳙鱼肉 MUFA、PUFA 含量差异不显著, 但 SFA 含量在贫营

养型水库的 SFA 含量明显高于其他水体营养类型。天然水库中, 鳙鱼主要以摄食水库中的浮游生物为主, 而人工池塘饲养鳙鱼则以摄食配合饲料为主, 配合饲料中往往会添加一些脂类物质, 二者的脂肪酸组成有差异, 进而造成鱼肉脂肪酸含量的差异(黄权等, 2010; 丁玉琴等, 2011)。研究指出, SFA 具有熔点高、密度大、不易被氧化等特点, 当肌肉中 SFA 含量增加时, 肌肉的抗氧化能力可能会有一定提高的趋势, 对肉类的长期贮存有一定促进作用(李晓亚等, 2016)。本研究中, 天然水库鳙鱼 SFA 均高于人工池塘, 表明在天然水库饲养环境中, 鳙鱼肉的抗氧化能力有所增强, 其原因可能是鳙鱼采食藻类和浮游植物含有虾青素, 其对自由基清除能力很强(Yang, 2006), 从而提升鱼肉的抗氧化能力。

4 结语

本研究发现, 不同水域环境对鳙鱼肉 pH 值、剪切力、水分、粗灰分和氨基酸组成等无影响, 但天然水库饲养的鳙鱼具有肉质优质、肌肉系水力强、低脂肪和必需氨基酸含量高等优点。综上所述, 天然水库环境饲养对鱼肉品质的提升有一定促进作用。

参 考 文 献

- CAO Y X, CUI H P, LIU Y Q, *et al.* Analysis of nutritions composition between cultured fish in pond and reservior. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities*, 2007, 22(5): 555-558 [曹颖霞, 崔海鹏, 刘岩奇, 等. 池塘和水库养殖鱼类营养成分分析与比较. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2007, 22(5): 555-558]
- CHEN B H, PENG H Y, CHEN H E. Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1995, 43(7): 1912-1918
- CHEN X H, LIN L M, HONG H X. The comparative study on the nutritious composition in the muscle of wild and cultured *Epinephelus akaara*. *Journal of Xiamen Fisheries College*, 1994, 16(1): 1-5 [陈学豪, 林利民, 洪惠馨. 野生与饲养赤点石斑鱼肌肉营养成分的比较研究. 厦门水产学院学报, 1994, 16(1): 1-5]
- CHENG H H, XIE C X, LI D P, *et al.* The study of muscular nutritional components and fish quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in ecological model of cultivating grass carp with grass. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(7): 1050-1059 [程辉辉, 谢从新, 李大鹏, 等. 种青养鱼模式下的草鱼肌肉营养成分和品质特性. 水产学报, 2016, 40(7): 1050-1059]
- CHENG H L, JIANG F, PENG Y X, *et al.* Comparison of

- nutrient composition of muscles of wild and farmed grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. Food Science, 2013, 34(13): 266–270 [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. 食品科学, 2013, 34(13): 266–270]
- DAI Y J, LIU Z Z, WANG X F, *et al.* Comparison of nutrient composition in muscles of wild and farmed yellowcheek carp. Food Science, 2012, 33(17): 258–262 [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. 食品科学, 2012, 33(17): 258–262]
- DING Y Q, LIU Y M, XIONG S B. The comparative study on nutritional components between the muscle of *Elopichthys bambusa* and *Ctenopharyngodon idellus*. Acta Nutrimenta Sinica, 2011, 33(2): 196–198 [丁玉琴, 刘友明, 熊善柏. 鳊与草鱼肌肉营养成分的比较研究. 营养学报, 2011, 33(2): 196–198]
- GONZÁLEZ S, FLICK G J, O'KEEFE S F, *et al.* Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*). Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(6/7): 720–726
- GUO Z Q, JIANG F, XU X, *et al.* Comparison and analysis of nutrient component in muscles between wild and farmed *Cyprinus carpio*. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(31): 15292–15294, 15296 [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. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15292–15294, 15296]
- HUANG Q, SUN X Y, XIE C X. Comparative analysis on the nutrition components of muscles between wild and farmed *Salvelinus malma* populations. Journal of South China Agricultural University, 2010, 31(1): 75–78 [黄权, 孙晓雨, 谢从新. 野生与养殖花羔红点鲑肌肉营养成分的比较分析. 华南农业大学学报, 2010, 31(1): 75–78]
- JING D T, YANG F, YU D W, *et al.* Reasons for quality deterioration of obscure pufferfish fillets during frozen storage. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(5): 166–174 [景电涛, 杨方, 余达威, 等. 暗纹东方鲀冻藏品品质劣化的原因解析. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 166–174]
- LARSEN D K, WAGNER I, GUSTAVSON K, *et al.* Long-term effect of Sea-Nine on natural coastal phytoplankton communities assessed by pollution induced community tolerance. Aquatic Toxicology, 2003, 62(1): 35–44
- LI X Y, TANG D F, LI F D, *et al.* Muscle fatty acid affects meat quality and its regulatory factors in ruminants. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2016, 28(12): 3749–3756 [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. 动物营养学报, 2016, 28(12): 3749–3756]
- LIN Y C, GONG Y, GONG S Y, *et al.* Comparison of nutrient components in muscle of wild and farmed groups of *Myxocyprinus asiaticus*. Freshwater Fisheries, 2011, 41(6): 70–75 [林郁葱, 龚媛, 龚世园, 等. 野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较. 淡水渔业, 2011, 41(6): 70–75]
- LU G, LI S, BERNATCHEZ L. Mitochondrial DNA diversity, population structure, and conservation genetics of four native carps within the Yangtze River, China. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 1997, 54(1): 47–58
- LUO S S, TONG Y, ZHU R, *et al.* Impact of high pressure processing on the quality of *Aristichthys nobilis* muscle. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(12): 1897–1903 [雒莎莎, 童彦, 朱瑞, 等. 超高压处理对鲮品质的影响. 水产学报, 2011, 35(12): 1897–1903]
- LÜ F. Research on meat quality of the new developed FFRC strain common carp. Master's Thesis of Shanghai Ocean University, 2015 [吕帆. 新品种福瑞鲤的肉质特性研究. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2015]
- MIURA T. The effects of planktivorous fishes on the plankton community in a eutrophic lake. Hydrobiologia, 1990, 200(1): 567–579
- SONG C, ZHUANG P, ZHANG L Z, *et al.* Comparison of nutritive components in muscles between wild and farmed juveniles of Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(3): 502–510 [宋超, 庄平, 章龙珍, 等. 野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较. 动物学报, 2007, 53(3): 502–510]
- SONG M. Effects of freezing methods and lightly salting on the quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) filets. Master's Thesis of Jiangnan University, 2018 [宋敏. 冻结方式和低盐腌制对鲶鱼片品质影响研究. 江南大学硕士研究生学位论文, 2018]
- SONG Y. Comparative analyses of muscle nutritional composition, digestion enzymes activities, dietary and morphology of silver carp and bighead carp in the Three Gorges Reservoir water ranch and the farm pond. Master's Thesis of Southwest University, 2014 [宋咏. 三峡库区水域牧场放养与池塘养殖鲢鳙肌肉品质和消化酶活力以及形态的比较研究. 西南大学硕士研究生学位论文, 2014]
- TANG X, XU G C, XU P, *et al.* A comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured *Coilia nasus*. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2011, 23(3): 514–520 [唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析. 动物营养学报, 2011, 23(3): 514–520]
- WANG J L, LIU W, LI P L, *et al.* Evaluation of nutritive quality and nutrient components in the muscles of wild and farmed chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Journal of Guangdong Ocean University, 2019, 39(2): 126–132 [王继隆, 刘伟, 李培伦, 等. 野生和养殖大麻哈鱼肌肉营养成分与品质评价. 广东海洋大学学报, 2019, 39(2): 126–132]
- WANG Z Z, FU Y J, YANG L, *et al.* Variations in body color and flesh quality of *Anguilla japonica* populations in different culture models. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2013, 44(4): 1042–1049 [王志铮, 付英杰, 杨磊, 等. 三种养殖模式下日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)养成品种体和肌肉品质的差异. 海洋与湖沼, 2013, 44(4): 1042–1049]
- YANG Y X, KIM Y J, JIN Z, *et al.* Effects of dietary supplementation of astaxanthin on production performance,

egg quality in layers and meat quality in finishing pigs. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2006, 19(7): 1019–1025

YE J L. Studies on community composition and feeding ecology of fish in the littoral zone of Mayliang Bay, Taihui Lake. Master's Thesis of Huazhong Agriculture University, 2006 [叶佳林. 太湖梅梁湾沿岸带鱼类组成和摄食生态研究. 华中农业大学硕士研究生学位论文, 2006]

ZHAO L. Study on the meat quality characteristics of South Bay

bighead carp. Master's Thesis of Northwest A&F University, 2012 [赵亮. 南湾鳙鱼鱼肉品质特性研究. 西北农林科技大学硕士研究生学位论文, 2012]

ZHAO T T, CHEN C, SHAO Y X. Comparison and evaluation of nutritional components in the muscle of male and female *Centropristis striata*. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(3): 151–159 [赵亭亭, 陈超, 邵彦翔. 雌雄条纹锯肌肉营养成分的比较与评价. 渔业科学进展, 2019, 40(3): 151–159]

(编辑 陈 辉)

Differences in Meat Quality of Bighead Carp between the Three Nutritional Types of Reservoirs and Artificial Culture Ponds

HE Wei¹, LUO Hui², DU Siyu¹, XIONG Zibiao², JING Tingsen², ZHANG Jie^{2①}

(1. Chongqing Liangjiang Ecological Fishery Development Co., Ltd., Chongqing 401120, China;

2. College of Animal Science and Technology, Southwest University, Chongqing 402460, China)

Abstract Water bodies with nutritional differences have different plankton composition, which may lead to different food composition for bighead carp, thus affecting the meat quality. At present, the annual output of bighead carp in China is approximately 3.1 million tons, and its feeding amount occupies a dominant position in fish farming in China. As the economy develops, consumers demand better food quality and especially high nutritional value. Therefore, this study explored the changes in the nutrient composition and content of bighead carp in different nutritional types of water. Using a single-factor experiment design, we selected bighead carp that were raised in high-, medium-, and low-nutrition natural reservoirs and artificial ponds (body length: 44.98~48.98 cm; weight: 1946.37~2289.32 g) and determined the physical properties and nutritional composition of the meat. The results showed that different nutritional types of water had no significant effect on the pH, a^* value, shear force, water content, and ash content ($P>0.05$). Compared with artificial ponds, the L^* value and cooking loss rate in the natural reservoir and the crude fat content in low-nutrient reservoir were significantly reduced ($P<0.05$), whereas the crude protein content in medium- and low-nutrient reservoirs were significantly decreased ($P<0.05$). When comparing reservoirs of different nutrition types, the crude fat content in high- and medium-nutrient reservoirs were significantly greater than low-nutrient reservoirs ($P<0.05$). Additionally, the crude protein content in high-nutrient reservoirs was significantly higher than medium- and low-nutrient reservoirs ($P<0.05$). Seventeen amino acids and 13 fatty acids were detected in bighead carp reared in natural reservoirs and artificial ponds. However, levels of essential amino acids, palmitic acid, myristic acid, and eicosaenoic acid in the natural reservoir were significantly higher than in the artificial pond ($P<0.05$). Taken together, the meat of bighead carp raised in natural reservoirs has the advantages of high quality meat color, strong water-holding capacity, low fat, and high essential amino acid content.

Key words Nutritional types of water; Bighead carp; Meat quality; Nutritional content

① Corresponding author: ZHANG Jie, E-mail: zhangjie813@163.com