

## 两种不同养殖模式对青鱼肌肉营养品质的影响

邹礼根<sup>1</sup>, 郭水荣<sup>2</sup>, 翁丽萍<sup>1</sup>, 姚建光<sup>3</sup>

(1. 杭州市农业科学研究院, 浙江 杭州 310024; 2. 杭州市水产技术推广总站, 浙江 杭州 310001;

3. 杭州建丰农业开发有限公司, 浙江 杭州 311107)

**摘要:** 为了评价池塘内循环“水槽式”养殖(试验组)与池塘传统养殖(对照组)模式的商品青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)肌肉营养品质差异, 试验分析了鲜活鱼肌肉的蛋白质、氨基酸、脂肪酸、挥发性风味物质等营养品质指标。结果表明: 与对照组青鱼相比, 试验组青鱼肌肉脂肪含量降低14.23% ( $P < 0.05$ ), 蛋白质、水分、灰分含量基本相当( $P > 0.05$ ); 试验组青鱼肌肉氨基酸总量高于对照组0.90% ( $P > 0.05$ ), 呈味氨基酸含量高于对照组6.86% ( $P < 0.05$ ), 必需氨基酸低于对照组1.91% ( $P > 0.05$ ); 两组青鱼肌肉脂肪酸组成一致, 试验组青鱼肌肉中不饱和脂肪酸总量略低于对照组1.29% ( $P > 0.05$ ), 但是二十二碳六烯酸(DHA)和二十碳五烯酸(EPA)分别高出对照组187.10%和28.00% ( $P < 0.05$ ); 试验组青鱼中醛类、醇类和含苯环类等挥发性的风味物质低于对照组, 但是试验组壬醛和1-辛烯-3-醇等腥味物质含量也更低。综上所述, 青鱼在池塘内循环“水槽式”养殖模式下能有良好的适应性, 各营养指标都处于较好的状态, 该养殖模式是一种适合青鱼集约化养殖的水产养殖新模式。

**关键词:** 青鱼; 循环水养殖; 肌肉品质; 比较

**中图分类号:** S964.9; TS254.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-5132 (2018) 04-0025-06

循环水养殖系统起源于20世纪60年代末, 其中, 日本的生物包静水养殖系统和欧洲组装式多级净水养殖系统最具代表性<sup>[1]</sup>。池塘内循环“水槽式”养殖系统作为现代集约化水产养殖新模式于2013年引进到我国, 该模式具有节水省地、环境可控等诸多优势, 是未来水产养殖的发展方向<sup>[2]</sup>, 目前已在浙江、江苏、上海等地进行示范与推广<sup>[3]</sup>。

青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)亦称黑鲢、螺蛳青, 属于硬骨鱼纲鲤科鱼类。青鱼个体大, 生长迅速, 最大个体达70 kg, 肉味美, 是淡水养殖的“四大家鱼”之一, 也是我国重要大宗淡水经济鱼类<sup>[4]</sup>。目前, 青鱼主要有普通露天池塘和大水面围网等开放式水域养殖方式。黄鸿兵等<sup>[5]</sup>进行了池塘工程化循环水养殖系统主养青鱼模式的探索, 认为循环水养殖方式下的青鱼生长情况要优于普通开放池塘养殖方式。但是, 两种养殖方式下青鱼的肌肉

品质特性差异尚无相关研究报道。本试验选择传统池塘开放水域养殖(对照组)和池塘内循环“水槽式”养殖(试验组)两种青鱼养殖模式, 选取体重规格和年龄基本相同的青鱼作为研究对象, 比较和分析两种养殖模式下鲜活鱼肌肉各肌肉营养指标的差异性, 从而为青鱼池塘内循环“水槽式”养殖模式的推广应用提供理论支持和技术参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 养殖分组

##### 1.1.1 试验分组

设试验组与对照组。试验组采用池塘内循环“水槽式”养殖, 池塘总面积1.33 hm<sup>2</sup>, 可蓄水深1.6~2.0 m, 配套建设长×宽×高为22 m×5 m×2.2 m的砖砌结构内循环流水养殖“水槽”3道(推水与底增氧设施设备配套), 其中1道养殖青鱼, 于2016

收稿日期: 2017-09-25.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 浙江省科技厅公益技术研究农业项目(2016C32077); 杭州市科委农业科研攻关专项(20150432B12); 杭州市科委农业与社会发展科研主动设计项目(20172015A05)。

第一作者: 邹礼根(1978-), 男, 江西万载人, 教授级高级工程师, 主要研究方向: 农产品加工技术及品质评价。E-mail: jgszlg@163.com

年3月27日放养2015年经“水槽”流水模式培育,规格1250~2000 g·尾<sup>-1</sup>的青鱼“老口”鱼种4500尾;对照组为传统青鱼池塘养殖,池塘总面积0.42 hm<sup>2</sup>,可蓄水深1.6~2.0 m,配套功率3.0 kW的渔用叶轮式增氧机2台,于2016年3月20日放养2015年经池塘培育,规格1250~2000 g·尾<sup>-1</sup>的青鱼“老口”鱼种3100尾。

### 1.1.2 养殖管理

试验地设在杭州建丰农业开发有限公司,水源取自当地三白潭河网内河水,水质清新,水中溶解氧丰富,水体pH值6.8~7.5。试验组与对照组养殖全程均投喂青鱼养殖用浮性膨化配合饲料(饲料营养成分:粗蛋白34.57%、粗脂肪9.73%、水分8.13%、灰分11.23%、氨基酸总量31.37%),“四定”法则投喂,具体视天气、鱼吃食状况等适时调节;试验组配套水槽推水结合底增氧方法增氧,对照组采用适时开启叶轮式增氧机增氧,养殖期间保持池塘水体溶解氧4 mg·L<sup>-1</sup>以上,每月用生石灰150~225 kg·hm<sup>-2</sup>化浆全池泼洒1次,调节池水透明度至30 cm左右。

## 1.2 试验用鱼

2016年12月15日养殖试验结束,试验组与对照组分别取样,试验组商品青鱼平均规格(4.52±0.91)kg·尾<sup>-1</sup>,对照组商品青鱼平均规格(4.20±0.82)kg·尾<sup>-1</sup>。

### 1.3 样品处理

试验组和对照组分别取试验用鱼3条,每条鱼背部、腹部肌肉先按质量1:1分别取样,再混合在一起,均质机捣碎均匀后取样测定基本营养成分(水分、灰分、蛋白质和粗脂肪)、氨基酸、脂肪酸和挥发性风味物质。

### 1.4 试验方法

#### 1.4.1 肌肉基本营养成分测定

各营养成分采用食品安全国家标准方法测定。水分:《食品中水分的测定》(GB5009.3-2010)直接干燥法;灰分:《食品中灰分的测定》(GB5009.4-2010);粗蛋白:《食品中蛋白质的测定》(GB5009.5-2010)凯氏定氮法;粗脂肪:《食品中粗脂肪的测定》(GB/T5009.6-2003)索氏抽提法。

#### 1.4.2 肌肉氨基酸测定

采用国家标准方法《食品中氨基酸的测定》

(GB/T 5009.124-2003)测定。

#### 1.4.3 肌肉脂肪酸测定

采用Folch<sup>[6]</sup>方法,用V(氯仿):V(甲醇)=2:1的溶液提取粗脂肪,提取液用真空旋转蒸发仪进行干燥后待用。参照Kaluzny等<sup>[7]</sup>的方法进行甲酯化,取100 mg油脂于10 mL的玻璃试管中,加入1 mL 0.5 mol·L<sup>-1</sup>氢氧化钾-甲醇溶液,用涡旋混匀器混匀后在60 ℃水浴中加热20 min直至油珠完全溶解,取出冷却至室温后,加入1 mL 15%三氟化硼-甲醇溶液在60 ℃水浴中酯化20 min,取出冷却后,加入3 mL正己烷溶液,充分混匀,静置片刻后取上层正己烷溶液,过0.22 μm有机滤膜,氮气吹干溶剂,用正己烷定容,-20 ℃冰箱中保存,待气相色谱-质谱联用仪分析测定。

#### 1.4.4 挥发性风味物质测定<sup>[8]</sup>

气质联用:7000B GC-QQQ气相色谱-质谱联用仪(美国Agilent公司);固相微萃取头50/30 μm DVB/CAR/PDMs(美国Supelco公司)。

固相微萃取条件:称取5.0 g样品于10 mL顶空样品瓶中,利用固相微萃取头持续吸附鱼肉中的挥发性成分。萃取温度:70 ℃;平衡时间:20 min;萃取时间:30 min;解析时间:5 min。色谱条件:色谱柱HP-5MS(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度250 ℃;程序升温:50 ℃保持3 min,以8 ℃·min<sup>-1</sup>的速度升温至230 ℃保持10 min;载气(He)流速0.8 mL·min<sup>-1</sup>;不分流进样。质谱条件:电子轰击(EI)离子源;电子能量70 eV;传输线温度250 ℃;离子源温度250 ℃;质量扫描范围m/z 33~450。

试验数据通过NIST 2.0谱库比对后进行定性确认,且仅当正反匹配度(SI/RSI)均大于800(最大值为1000)的鉴定结果认为可行,并予以报道。

### 1.5 数据处理

先对每条青鱼的各个评价指标进行测定,再分别计算各评价指标的平均值和标准偏差,试验数据以 $\bar{x} \pm S_D$ 表示,然后利用SPSS 10.0软件进行数据分析处理,采用t检验比较试验组间的差异性。

## 2 结果与分析

### 2.1 肌肉基本营养成分比较

两种养殖模式下青鱼肌肉的水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪4个基本营养成分分析见表1。由试验

结果可知, 与对照组青鱼相比, 试验组青鱼的肌肉脂肪质量分数降低 14.23%, 具有显著性差异 ( $P<0.05$ ); 肌肉中水分、灰分、粗蛋白质量分数基本相当, 无显著性差异 ( $P>0.05$ ).

表1 两组青鱼肌肉基本营养成分比较 %

指标	对照组	试验组
水分	74.59±1.13	73.56±0.81
灰分	4.28±0.10	4.24±0.08
粗蛋白	19.44±0.83	19.71±0.77
粗脂肪	4.71±1.45	4.04±1.06 <sup>1)</sup>

注: “1)”表示显著性差异 ( $P<0.05$ ), 下表同.

## 2.2 肌肉氨基酸质量分数比较

两种养殖模式下青鱼的氨基酸组成分析见表 2.

表2 两组青鱼肌肉氨基酸质量分数比较 %

氨基酸种类	对照组	试验组
天门冬氨酸(Asp)	2.01±0.04	2.01±0.07
谷氨酸(Glu)	3.08±0.30	2.72±0.11
甘氨酸(Gly)	0.84±0.07	1.07±0.05 <sup>1)</sup>
丙氨酸 A(Ala)	0.89±0.08	1.35±0.06 <sup>2)</sup>
苏氨酸(Thr)	0.81±0.02	0.82±0.03
缬氨酸 V(Val)	0.99±0.02	0.95±0.03 <sup>1)</sup>
蛋氨酸(Met)	0.45±0.12	0.52±0.04
异亮氨酸(Ile)	0.92±0.03	0.90±0.03
亮氨酸(Leu)	1.55±0.04	1.50±0.04
苯丙氨酸(Phe)	0.78±0.07	0.78±0.04
组氨酸(His)	0.62±0.07	0.65±0.01
赖氨酸(Lys)	1.94±0.05	1.83±0.05 <sup>1)</sup>
精氨酸(Arg)	1.01±0.03	0.95±0.05
酪氨酸(Tyr)	0.54±0.02	0.55±0.02
脯氨酸(Pro)	0.55±0.02	0.54±0.03
氨基酸(总量)	17.74±0.32	17.90±0.33
呈味氨基酸(FAA)	6.81±0.13	7.14±0.15 <sup>1)</sup>
必需氨基酸(EAA)	9.05±0.31	8.89±0.18
呈味氨基酸比例 FAA/TAA	38.42±1.21	39.88±0.22
必需氨基酸比例 EAA/TAA	51.02±1.23	49.64±0.24 <sup>2)</sup>

注: “2)”表示极显著性差异 ( $P<0.01$ ), 下表同.

由试验结果可知, 两个组的青鱼氨基酸组成一致, 试验组青鱼肌肉中氨基酸总量高于对照组 0.90%, 其中甘氨酸和丙氨酸, 试验组比对照组分别增加 35.71%和 51.69%, 甘氨酸呈显著性差异 ( $P<0.05$ ), 丙氨酸呈极显著性差异 ( $P<0.01$ ). 试验

组青鱼肌肉的呈味氨基酸质量分数高于对照组 6.86%且呈显著性差异 ( $P<0.05$ ), 但必需氨基酸质量分数略低于对照组 1.91%且无显著性差异 ( $P>0.05$ ), 缬氨酸和赖氨酸质量分数显著降低 ( $P<0.05$ ).

## 2.3 肌肉脂肪酸质量分数比较

两种养殖模式下青鱼肌肉中脂肪酸的种类及其质量分数分析见表 3. 由试验结果可知, 试验组和对照组青鱼肌肉中均检测到 12 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 3 种, 不饱和脂肪酸 9 种, 两者组成成分差异不大, 但是两组青鱼肌肉脂肪酸中的肉豆蔻酸、棕榈酸、油酸、 $\alpha$ -亚麻酸质量分数呈极显著性差异 ( $P<0.01$ ), 棕榈油酸、亚油酸、硬脂酸、二十二碳六烯酸(Docosahexaenoic Acid, DHA)和二十碳五烯酸(Eicosapentaenoic Acid, EPA)的质量分数也呈显著性差异 ( $P<0.05$ ). 试验组青鱼肌肉中不饱和脂肪酸总量低于对照组 1.29%, 但是 DHA、EPA 和亚油酸明显高于对照组, 分别高出 187.10%, 28.00%, 54.04%, 均呈显著性差异 ( $P<0.05$ ).

表3 两组青鱼肌肉脂肪酸质量分数比较

脂肪酸种类	保留时间/min	质量分数/%	
		对照组/%	试验组/%
肉豆蔻酸(C14:0)	26.50	0.64±0.01	0.59±0.03 <sup>2)</sup>
棕榈油酸(C16:1)	31.66	4.28±0.62	2.91±0.30 <sup>1)</sup>
棕榈酸(C16:0)	32.27	18.71±0.13	17.97±0.33 <sup>2)</sup>
亚油酸(C18:2n-6)	37.15	13.75±0.56	21.18±2.55 <sup>1)</sup>
油酸(C18:1n-9)	37.35	49.45±2.10	42.59±2.68 <sup>2)</sup>
$\alpha$ -亚麻酸(C18:3n-3)	37.48	6.89±0.12	6.42±0.29 <sup>2)</sup>
硬脂酸(C18:0)	38.05	3.79±0.14	5.55±0.23 <sup>1)</sup>
花生四烯酸(C20:4n-6)	41.72	0.43±0.24	0.28±0.14
二十碳五烯酸(C20:5n-3)	41.90	0.25±0.13	0.32±0.11 <sup>1)</sup>
二十碳三烯酸(C20:3)	42.22	0.36±0.26	0.37±0.14
二十碳一烯酸(C20:1)	42.87	1.14±0.27	0.94±0.16
二十二碳六烯酸(C22:6n-6)	46.82	0.31±0.20	0.89±0.33 <sup>1)</sup>
SFA	-	23.14±0.10	24.12±0.13
MUFA	-	54.87±2.99	46.44±3.14
PUFA	-	22.00±1.51	29.45±3.56

## 2.4 肌肉挥发性风味物质比较

在最佳的 GC-MS 和顶空固相微萃取条件下, 对传统养殖和“水槽式”养殖青鱼肉中的挥发性成分进行了萃取、分离和鉴定, 结果见表 4. 利用 GC-MS 对青鱼肌肉中挥发性风味化合物进行分析,

试验组和对照组分别鉴定出 57 种和 61 种挥发性风味物质, 试验组比对照组少鉴定出 4 种风味物质, 其中对风味贡献较大的醛类、醇类等具体风味物质数据见表 4. 通过对两种养殖模式青鱼中各类挥发性风味物质的分类比较, 试验组青鱼中含苯环类物质、酯类和烃类风味物质含量高于对照组, 其中苯环类物质有显著性差异( $P<0.05$ ); 而试验组青鱼中醇类和醛类、挥发性风味物质则低于试验组, 其中醛类挥发性风味物质有显著性差异( $P<0.05$ ).

表 4 两组肌肉中主要挥发性风味物质 %

物质	对照组	试验组
苯乙醇	1.20±0.85	3.39±1.00 <sup>1)</sup>
2-乙基-4-戊醇	-	1.46±0.39
己醇	5.02±2.70	10.83±3.09 <sup>1)</sup>
1-庚醇	1.22±0.87	1.05±0.65
1-辛烯-3-醇	19.46±7.61	12.33±2.15
3-壬烯-1-醇	-	2.11±1.23
2-甲基-5-(1-甲基乙基)-2-环己烯-1-醇	-	0.54±0.18
雪松醇	0.26±0.17	0.62±0.42
2-甲基-1-十六醇	-	0.28±0.27
环戊醇	1.97±1.01	-
苯甲醇	3.49±2.24	-
2-辛烯-1-醇	7.24±5.88	0.46±0.07
叔十六硫醇	0.13±0.07	-
醇类合计	39.99±6.22	33.07±3.22
己醛	12.78±3.93	15.35±1.43
庚醛	2.43±0.64	3.34±0.88
2-庚烯醛	0.75±0.13	0.50±0.06
苯甲醛	-	1.68±0.14
辛醛	4.42±0.51	3.05±0.37 <sup>1)</sup>
2-辛烯醛	2.28±0.61	1.18±0.25
3,7-二甲基-6-壬烯醛	-	1.71±0.67
壬醛	9.81±1.94	5.74±0.82 <sup>2)</sup>
2-壬烯醛	1.46±0.63	0.45±0.05 <sup>1)</sup>
4-乙基苯甲醛	-	1.41±0.40
2-癸烯醛	0.73±0.17	0.31±0.06 <sup>1)</sup>
十三烷二醛	-	0.37±0.02
16-十八烯醛	0.29±0.11	0.69±0.58
14-十八烯醛	0.32±0.17	0.22±0.19
12-十八烯醛	0.47±0.22	0.29±0.20
10-十八烯醛	0.19±0.15	0.32±0.31

续表

物质	对照组	试验组
2,2-二甲基-4-辛烯醛	-	1.46±0.65
4-乙基苯甲醛	-	1.19±0.20
4-(1-甲基乙基)苯甲醛	-	0.31±0.05
顺-4-癸烯醛	-	0.61±0.35
癸醛	-	0.53±0.07
(E,E)-2,4-癸二烯醛	-	0.30±0.12
2-十一醛	-	0.76±0.30
十六醛	-	0.17±0.09
醛类合计	41.25±4.03	36.62±3.38 <sup>1)</sup>
烃类	7.44±1.91	11.63±0.57
含苯环	5.92±2.36	9.31±4.08 <sup>1)</sup>
酯类	5.39±3.57	9.37±6.59

### 3 讨论

#### 3.1 两种养殖模式青鱼营养水平差异性比较分析

##### 3.1.1 蛋白质、脂肪、水分等营养成分

蛋白质是评价水产品品质和营养价值的重要指标之一<sup>[9]</sup>, 青鱼蛋白质质量分数较高, 对照组和试验组分别为 19.44%和 19.71%, 这与蔡宝玉等<sup>[10]</sup>研究结果基本一致. 有研究表明鱼肉的蛋白质、脂肪含量主要受品种、遗传等因素的影响, 而养殖模式对其影响不大<sup>[11]</sup>, 但本研究发现, 两种养殖模式的青鱼蛋白质和脂肪质量分数还是有差异的, 试验组蛋白略高 1.39%, 试验组脂肪低于对照组 14.25%. 这与邵俊杰等<sup>[12]</sup>研究结果一致, 高密度循环水养殖模式下的斑点叉尾鲷肌肉具有高蛋白、低脂肪的营养特点. 另外, 据统计青鱼蛋白质含量高于其他淡水经济鱼类<sup>[10]</sup>, 是营养丰富的一类淡水鱼, 因此, 研究青鱼的循环水高效节能的养殖模式尤为必要.

##### 3.1.2 氨基酸组成

为了全面、综合地衡量食品的营养水平, 除基本营养成分外, 还需对组成蛋白质的必需氨基酸和呈味氨基酸的种类及含量进行评价<sup>[9-10,13]</sup>, 其中天门冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、甘氨酸这 4 种呈味氨基酸含量对鱼肉的鲜美程度起主要作用<sup>[14]</sup>. 与对照组相比, 试验组青鱼氨基酸总量略高, 呈味氨基酸高 6.86%, 呈味氨基酸所占比例高 5.94%. 其中, 丙氨酸和甘氨酸是呈甘味的氨基酸, 能够赋予

水产品更加美好的风味和口感。试验组青鱼具有较高的鲜味氨基酸,这与王峰等<sup>[15]</sup>研究结果基本一致。试验组的必需氨基酸含量低于对照组,这与王国清等<sup>[16]</sup>的研究结果一致。由此可见池塘内循环“水槽式”养殖模式优越的水质环境不仅可以减少养殖污染的排放,也在一定程度上提高了青鱼的品质,优化了青鱼的氨基酸营养组分。

### 3.1.3 脂肪酸组成

食品中脂肪质量评价主要还是取决于脂肪酸的不饱和度<sup>[17]</sup>。脂肪酸按照饱和度可分为饱和脂肪酸(Saturated Fatty Acid, SFA)与不饱和脂肪酸(Unsaturated Fatty Acid, UFA)两大类,其中不饱和脂肪酸可再按照不饱和程度分为单不饱和脂肪酸(Monounsaturated Fatty Acid, MUFA)与多不饱和脂肪酸(Polyunsaturated Fatty Acid, PUFA)。不饱和度和双键的位置都会影响脂肪酸的生理功能。近年的研究发现,不饱和脂肪酸对人体有重要的生理功能,有降血脂、降血压、抗肿瘤、抗炎和免疫调节等作用,可以预防人的心血管疾病,有助于人脑的发育<sup>[18]</sup>。特别是DHA和EPA,属于n-3长链高不饱和脂肪酸,是人体自身不能合成的脂肪酸,是鱼类肌肉营养价值评价的重要指标。本试验中,对照组粗脂肪含量高于试验组,但是对照组和试验组的不饱和脂肪酸分别是76.86%和75.88%,远高于其饱和脂肪酸的质量分数,虽然试验组略低,但差异不显著( $P>0.05$ )。同时,试验组青鱼肌肉的DHA和EPA质量分数分别为0.89%和0.32%,比对照组分别高187.10%和28.0%。王峰等<sup>[19]</sup>研究表明,循环水养殖模式养殖的半滑舌鲷成鱼在粗脂肪和MUFA方面明显占优势,分别高于开放流水养殖模式组41.732%和16.912%。由此可推断,循环水养殖模式优越的水质环境更适合养殖鱼的育肥,并且具有富集DHA和EPA的可能性。

### 3.2 两种养殖模式青鱼风味物质比较

风味与食品的外观、质构、营养构成了食品的四大品质要素<sup>[20]</sup>,但对青鱼风味起主要贡献的是醇、醛、酯类等化合物,其中,1-辛烯-3-醇和壬醛被认为是淡水鱼中主要的腥味物质<sup>[21]</sup>。在表4风味物质分析结果中,虽然试验组青鱼肌肉的醇类和醛类要略低于对照组,但对腥味其主要作用的1-辛烯-3-醇和壬醛含量也低于对照组。试验组青鱼

肌肉1-辛烯-3-醇占12.33%,对照组1-辛烯-3-醇占19.46%;试验组青鱼肌肉壬醛占5.74%,对照组占9.81%,而且试验组和对照组的壬醛质量分数有显著性差异( $P<0.01$ )。因此从青鱼肌肉含有的腥味物质含量来看,池塘内循环“水槽式”养殖明显优于传统养殖。

醛类物质因种类繁多、含量丰富,并且阈值较低,往往对水产品具有非常突出的贡献。醇类大多是由脂质氧化分解而来的,一般认为,饱和醇的风味阈值较高,对鱼肉风味的整体贡献较小。另外,在试验组青鱼肌肉挥发性风味物质中还检测到少量的挥发性酸、酮类化合物等,具有独特的清香气味,并且随着碳链的增长给出更强的花香特征。这些种类繁多的挥发性物质共同形成了青鱼特有的风味。

### 3.3 结论

两种养殖模式,池塘内循环“水槽式”养殖模式组在蛋白质、氨基酸和PUFA上略占优势,分别高于传统养殖模式组1.39%,0.90%和33.86%,池塘内循环“水槽式”养殖青鱼含有较低脂肪、较高的呈味氨基酸和较低的腥味物质含量,更加适合现代人对于食品健康、营养和风味的需求,适宜今后在淡水鱼养殖中推广。

### 参考文献:

- [1] 孙龙启,刘慧.国内外循环水养殖专利分析及启示[J].中国工程科学,2016,18(3):115-120.
- [2] Timmons M B, Ebeling J M. Recirculating Aquaculture [M]. New York: Cayuga Aqua Ventures, LLC Press, 2007: 1-118.
- [3] 单红,陈树桥,周国勤.池塘循环水养殖研究概述[J].中国水产,2015(5):51-54.
- [4] 刘黎,叶金云,吴成龙,等.饲料中蝇蛆粉用量对青鱼生长、体成分和消化酶活力的影响[J].上海海洋大学学报,2014,23(1):43-50.
- [5] 黄鸿兵,陈友明,刘伟杰,等.池塘工程化循环水养殖系统青鱼主养效益分析[J].水产养殖,2015,36(12):38-41.
- [6] Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues[J]. Journal of Biochemistry, 1957, 226(1): 497-509.
- [7] Kaluzny M, Duncan L, Merritt M, et al. Rapid separation

- of lipid classes in high yield and purity using bonded phase columns[J]. *Journal of Lipid Research*, 1985, 26(1): 135-140.
- [8] 翁丽萍, 陈飞东, 王宏海, 等. SPME-GC-MS 法分析温室甲鱼中的挥发性风味物质[J]. *食品工业*, 2014(12): 266-269.
- [9] 邹礼根, 冯晓宇, 王宇希, 等. 杂交鳢(斑鳢♀×乌鳢♂)与乌鳢肌肉品质比较研究[J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(2):303-307.
- [10] 蔡宝玉, 王利平, 王树英. 甘露青鱼肌肉营养分析和评价[J]. *水产科学*, 2004, 23(9):34-35.
- [11] Shearer K D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids[J]. *Aquaculture*, 1994, 119(1):63-88.
- [12] 邵俊杰, 张世勇, 朱昱璇, 等. 不同养殖模式对斑点叉尾鲷生长和肌肉品质特性的影响[J]. *水产学报*, 2017, 41(8):1256-1263.
- [13] 陈芳, 杨代勤, 方长琰, 等. 月鳢和乌鳢肌肉营养成分的比较研究[J]. *水产科学*, 1999, 18(5):6-7.
- [14] 杨四秀. 永州地区斑鳢与乌鳢种质特性比较研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006:32-34.
- [15] 王峰, 雷霖霖. 工厂化循环水养殖模式放养密度对半滑舌鳎成鱼生长和肌肉营养成分的影响[J]. *中国工程科学*, 2015, 17(1):19-26.
- [16] 王国清, 王兆礼, 沈国雄, 等. 循环水养殖草鱼的营养和品质研究[J]. *科学养鱼*, 2017(4):54-55.
- [17] 杭晓敏, 唐涌濂, 柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. *生物工程进展*, 2001, 21(4):18-21.
- [18] 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.
- [19] 王峰, 雷霖霖. 半滑舌鳎成鱼开放流水与循环水养殖模式下生长及肌肉营养成分差异研究[J]. *水产学报*, 2015, 39(4):520-528.
- [20] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [21] 赵庆喜, 薛长湖, 徐杰, 等. 微波蒸馏-固相微萃取-气相色谱-质谱-嗅觉检测器联用分析鳙鱼鱼肉中的挥发性成分[J]. *色谱*, 2007, 25(2):267-271.

## Effects of two different culture modes on muscle nutrients of black carp

ZOU Li-gen<sup>1</sup>, GUO Shui-rong<sup>2</sup>, WENG Li-ping<sup>1</sup>, YAO Jian-guang<sup>3</sup>

( 1.Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310024, China; 2.Hangzhou Fishery Technical Extension Station, Hangzhou 310001, China; 3.Hangzhou Jianfeng Agricultural Development Co., Ltd, Hangzhou 311107, China )

**Abstract:** In order to evaluate nutritional quality of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) muscle under recirculating aquaculture (the treatment group) and conventional farming (the control group), nutritional quality indexes including the protein, amino acids, fatty acids and volatile flavor substances were determined. Compared with the control group, the fat content of black carp of treatment group significantly decreased 14.23% ( $p < 0.05$ ). There was no significant difference in the moisture content, ash content and crude protein content between two groups ( $p > 0.05$ ) between treatment and control group. Total amino acid content and the flavor amino acid content of muscle of the treatment group were 0.90% ( $p > 0.05$ ) and 6.86% ( $p < 0.05$ ) higher than that of control group. The essential amino acid content of muscle of the treatment group was slightly lower than the control group 1.91% ( $p > 0.05$ ). The composition of muscular fatty acids of black carp samples in two groups was essentially the same. Unsaturated fatty acid of the treatment group was 1.29% lower than that of the control group ( $p > 0.05$ ); whereas the DHA and EPA of the treatment group were 187.10% and 28.00% higher than that of the control group, respectively ( $p < 0.05$ ). Content of volatile flavour compounds, aldehydes, alcohols, and containing benzene ring type material of the treatment group were significantly lower than that of the control group. The content of esters, hydrocarbons and other substances were higher than that of the control group. But the content of unflavour fish smell substances containing a little amount of nonylaldehyde and 1-octene-3-alcohol of black carp of the treatment group was further lower than that of the control group. In summary, black carp in recirculating cultivation mode has a good adaptability and better nutrient composition. The results suggest that it is a new mode suitable for intensive farming aquaculture of black carp.

**Key words:** black carp; recirculating aquaculture; muscle quality; comparison

(责任编辑 韩超)