

doi: 10.7541/2023.2022.0075

开放流水养殖模式下暂养时间对黄颡鱼肌肉品质和营养价值的影响

付运银¹ 郑维友² 张恒² 阮国良^{1,2} 刘玉林¹ 柴毅^{1,2} 方刘^{1,2}

(1. 长江大学动物科学学院, 荆州 434025; 2. 湖北省水产产业技术研究院, 荆州 434026)

摘要: 文章旨在探索开放流水养殖模式下, 暂养对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)肌肉品质和营养价值的影响。试验选用处于快速生长期的大规格鱼种(15.69±2.28) g黄颡鱼为试验对象, 随机分为4组, 分别暂养0(对照组)、20d、30d和40d, 每组3个重复。试验期间投喂黄颡鱼配合饲料, 在养殖过程中定期测量水质。在试验结束后对其生长性能、血清生化指标、肌肉氨基酸、脂肪酸组成及质构特性进行比较。结果显示: (1)暂养期间试验池的水质氨态氮含量在0.03—0.05 mg/L, 亚硝态氮含量均在0.01 mg/L, 溶氧水平平均超过9.0 mg/L。(2)暂养时间延长, 黄颡鱼末体重和增重率呈上升趋势, 特定生长率呈下降趋势, 各组间差异显著($P<0.05$); 暂养20d、30d和40d组的成活率、肥满度、肝体比及脏体比组间无显著性差异($P>0.05$)。(3)暂养30d和40d组血清中的白蛋白和总蛋白含量显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), 但其 γ -谷氨酰基转移酶和碱性磷酸酶活性、总胆固醇和总胆汁酸含量显著低于对照组和暂养20d组($P<0.05$); 对照组、暂养20d和30d组血清中的总胆红素含量和谷草转氨酶活性显著高于暂养40d组($P<0.05$); 暂养30d和40d组黄颡鱼血清中肌酐含量和尿酐比显著低于对照组和暂养20d组($P<0.05$)。(4)暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉中的粗蛋白质含量显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), 但粗脂肪含量显著低于对照组和暂养20d组($P<0.05$); (5)暂养30d和40d组氨基酸总量(Σ AA)、必需氨基酸总量(Σ EAA)、非必需氨基酸总量(Σ NEAA)、鲜味氨基酸总量(Σ DAA)和必需氨基酸指数(EAAI)显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), 且4组黄颡鱼肌肉中第一限制性氨基酸均为苯丙氨酸+酪氨酸。(6)暂养40d组黄颡鱼肌肉中二十碳五烯酸+二十二碳六烯酸(EPA+DHA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)、多不饱和脂肪酸(PUFA)含量显著高于其他组($P<0.05$)。(7)暂养40d组黄颡鱼肌肉的硬度和胶黏性显著高于其他组($P<0.05$), 弹性、咀嚼性和回复性显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$)。在试验设置暂养条件下, 暂养40d可更好提升黄颡鱼肌肉品质和营养价值, 同时增加氨基酸和脂肪酸的含量, 减少池塘养殖鱼体中存在的土腥味, 增加黄颡鱼养殖效益。

关键词: 暂养时间; 生长性能; 血清生化指标; 氨基酸组成; 脂肪酸组成; 质构特性; 黄颡鱼

中图分类号: S965.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)08-1342-11



中国作为世界淡水鱼养殖大国之一, 淡水渔业养殖发展迅速, 2020年我国全社会渔业经济总产值27543.47亿元, 其中淡水养殖产值为6387.15亿元^[1]。黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*), 俗称黄辣丁, 鲿科, 黄颡鱼属动物, 作为我国淡水养殖主要品种之一, 分布广、肉鲜味美及营养价值高, 广受消费者喜爱^[2];

但淡水鱼具土腥味, 实际生产中常将其放到清水池中暂养净化或以微流水处理, 以提升鱼肉品质^[3-6], 且有研究表明暂养是改善水产品异味最可靠的方法^[7], 还利于降低鱼类捕捞应激^[3]。袁小琛等^[3]研究发现适时的暂养处理可以显著提高鳊(*Aristichthys nobilis*)的肌肉品质和营养价值。Palmeri等^[6]研究

收稿日期: 2022-03-05; 修订日期: 2022-06-16

基金项目: 湖北省重大科技创新计划(2018ABA104); 湖北省中央引导地方科技发展专项(2019ZYD035); 荆州市科技支持计划(2019EC61-11); 湖北省教育厅百校联百县项目(BXLBX0312); 湖北省知识产权申请示范工程(专利)项目资助 [Supported by the Major Program Supported by Science and Technology Innovation in Hubei Province (2018ABA104); Special Project of the Central Government Guiding Local Science and Technology Development in Hubei Province (2019ZYD035); Science and Technology Program Supported by Jingzhou Science and Technology Bureau (2019EC61-11); Hundreds of Schools and Counties Project from Department of Education of Hubei Province (BXLBX0312); Hubei Province Intellectual property Application Demonstration Project (patent)]

作者简介: 付运银(1996—), 女, 硕士; 研究方向为特种经济动物。E-mail: fuyunyin1015@163.com

通信作者: 方刘(1986—), 男, 博士, 副教授; 主要从事水产营养饲料与养殖生态学研究。E-mail: fangliu0823@163.com

发现, 鳙鲈(*Maccullochella peelii*)经过短期暂养可以有效改善鱼肉风味。草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)经过20d以上暂养和断食, 可提高其品质, 显著增加肌肉弹性、硬度及内聚力等结构参数^[5], 且短期暂养可减少草鱼鱼肉中的鱼腥味和泥土味^[8], 短期暂养也会影响鲫(*Carassius auratus*)的营养品质、食用品质和质构特性^[9]。罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)暂养后鱼肉中辛醛和壬醛等物质含量降低, 苯甲醛和苯环芳烃类物质含量增加, 有利于脱除不良气味, 产生良好气味^[10]。暂养净化后团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)肌肉引起腥味、青草味等的一些醇、酸及烃类物质含量会降低, 呈现肉香、芳香味的醇、酸及烃类物质含量升高^[11]。暂养环境因子也会影响动物肌肉品质, 陈亚楠等^[12]发现, 温度12℃、氨氮质量浓度0、暂养密度1:4(m/v)的暂养环境有利于维持和提高斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)的肌肉品质。微流水处理也可显著提高鳙和草鱼肌肉品质, 改善鱼肉滋味特征和气味特征, 适宜微流水处理后鱼肉腥味明显减弱, 鲜味明显增强^[4, 13]。暂养对于不同鱼类影响不同, 最适暂养时间也不同, 而目前水产养殖中未有暂养处理对黄颡鱼肌肉品质和营养价值的影响研究。因此, 本试验开展不同暂养时间对黄颡鱼生长特性、血清生化指标、肌肉营养成分、肌肉氨基酸与脂肪酸组成、肌肉质构的影响研究, 旨在为提升黄颡鱼肌肉品质及营养价值提供改良途径, 为暂养处理在渔业生产中的应用提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在湖北省荆州市湖北太湖港水产产业技术研究院有限公司进行, 试验鱼购自湖北省某渔业养殖基地, 其初始体质量为(15.69±2.28) g, 体质健康的一龄黄颡鱼。试验池直径3 m, 深度2.5 m, 水深1.5 m。试验用水为上游太湖港水库优质水源, 经沙滤、沉淀和曝气后使用, 出水口流速200 L/h, 水温为20—23℃, pH为7.5—8.5。

1.2 试验设计与饲养管理

试验分为暂养0(对照组)、20d、30d和40d, 共4组。放养密度均为30 kg/m³, 每个暂养时间设置3个重复, 共12个养殖试验池。试验期间投喂黄颡鱼配合饲料(荆州市天佳饲料有限公司, 蛋白含量42%, 脂肪含量8%), 根据鱼体质量的变化使用对应规格的饲料。每天投喂3次, 投喂时间分别为08:00、14:00和19:00, 投喂量为鱼体质量的1.0%—1.5%, 观察其摄食情况。

1.3 样品采集和指标检测

水质指标监测 根据《水和废水检测分析方法》, 养殖过程中每隔10d测定试验池水体中总氮、总磷、氨态氮、亚硝态氮浓度和溶氧。各项指标均为各组所得平均值。

样品采集 暂养0组在试验开始后禁食24h取样, 暂养20d、30d和40d组分别在试验结束后禁食24h取样。对各试验池中的黄颡鱼称重, 统计存活尾数, 准确测量其体重和体长。计算生长指标: 增重率(WGR)、特定生长率(SGR)和成活率(SR); 每组随机抽取6尾黄颡鱼, 尾静脉采血, 750×g离心10min后取上清, 置于-20℃冰箱中保存, 用以测定血清生化指标; 于冰盘上解剖取其内脏、肝脏后称重, 计算肝体指数(HSI)和脏体指数(VSI), 同时根据体长和体重计算肥满度(CF); 每组随机抽取15尾黄颡鱼, 去皮剥离肌肉, 用于测定肌肉常规营养成分、氨基酸组成及含量和脂肪酸组成及含量; 每组随机取6尾黄颡鱼, 取黄颡鱼侧线以上靠近头部的肌肉, 剪成10 mm×10 mm×5 mm的方块, 进行肌肉质构测定。

指标测定 血清白蛋白(ALB)、总胆红素(TBIL)、总胆汁酸(TBA)、总胆固醇(TC)、肌酐(CRE)、尿酸(UA)、尿素(URE)、葡萄糖(GLU)含量和尿酞比(UCR)均采用全自动生化分析仪测定。总蛋白(TP)、γ-谷氨酰基转移酶(γ-GGT)、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)和碱性磷酸酶(ALP)活性均采用南京建成生物工程研究所试剂盒测定。

肌肉常规营养成分的测定: 水分采用105℃恒温烘干法(GB/T6435-2006)测定; 粗蛋白质的测定采用凯氏定氮法(GB/T6432-1994)测定; 粗脂肪采用索氏乙醚抽提法(GB/T6433-2006)测定; 粗灰分采用马弗炉灼烧法(GB/T6438-1992)测定。黄颡鱼肌肉氨基酸组成及含量: 按食品安全国家标准(GB5009.124-2016)进行测定; 脂肪酸组成及含量按食品安全国家标准(GB/T 5009.168-2016)进行测定。

营养品质评价方法: 根据氨基酸评分标准模式^[14]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模式进行营养评价。分别计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)。肌肉质构检测: 利用TA-XT Plus型物性测试仪对肌肉的硬度、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性、回复性及黏性进行检测。

计算公式 增重率WGR (%) = 100 × (W_t - W₀) / W₀;

特定生长率SGR (%/d) = 100 × (ln W_t - ln W₀) / t;

成活率SR (%)=100× S_t/S_0 ;

肥满度SF (g/cm³)=100× W/L^3 ;

肝体指数HSI=100× $W_{\text{肝脏}}/W$;

脏体指数VSI=100× $W_{\text{内脏}}/W$;

AAS=样品中某必需氨基酸含量(mg/g N)/[FAO/WHO标准模式中该氨基酸含量(mg/g N)];

CS=样品中某必需氨基酸含量(mg/g N)/全鸡蛋蛋白质中该氨基酸含量(mg/g N);

EAAI=[(100×A/AE)×(100×B/BE)×(100×C/CE)×...×(100×G/GE)]^{1/n}。

式中, W_t 表示养殖 t 时间时的体重; W_0 表示试验开始时体重; S_t 表示养殖 t 时间时成活的尾数; S_0 表示试验开始时养殖尾数; W 表示体重; $W_{\text{肝脏}}$ 表示肝脏重; $W_{\text{内脏}}$ 表示内脏重; L 表示体长; n 为比较的必需氨基酸个数; A、B、C、...、G为肌肉粗蛋白质中各必需氨基酸含量(%、干物质基础); AE、BE、CE、...、GE为全鸡蛋蛋白质中相对应的必需氨基酸含量(%、干物质基础)。

1.4 数据统计与处理

数据经Excel 2019初步处理, 再使用SPSS 26.0软件进行统计学分析, 采用单因素方差分析(One-way ANOVA), 并结合Duncan氏法多重比较, 以 $P<0.05$ 表示差异显著, 数据均用“平均值±标准差”表示。

2 结果

2.1 暂养期间试验池水质指标监测

如表1所示, 暂养40d组水体总氮含量显著高于

对照组和暂养20d组($P<0.05$); 水体中氨态氮、亚硝态氮和溶氧含量, 各组间无显著性差异($P>0.05$)。

2.2 暂养时间对黄颡鱼生长性能的影响

如表2所示, 暂养40d组黄颡鱼末体重和增重率显著高于暂养20d和30d组($P<0.05$)。暂养20d组黄颡鱼特定生长率显著高于暂养30d和40d组($P<0.05$), 各组黄颡鱼成活率均高于90%。各组黄颡鱼肥满度和肝体比无显著性差异($P>0.05$)。

2.3 暂养时间对黄颡鱼血清生化指标的影响

如表3所示, 在肝功能指标中, 暂养30d和40d组黄颡鱼血清中的ALB和TP含量显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), γ -GGT和ALP活性, 以及TBA和TC含量显著低于对照组和暂养20d组($P<0.05$); 暂养40d组黄颡鱼血清中的TBIL含量和AST活性显著低于其他组($P<0.05$); 随着暂养时间延长, 各组间ALT活性呈降低趋势, 但无显著性差异($P>0.05$)。在肾功能指标中, 暂养30d和40d组黄颡鱼血清中CRE含量和UCR显著低于对照组和暂养20d组($P<0.05$)。各组黄颡鱼血清中UA、URE和GLU含量无显著性差异($P>0.05$)。

2.4 暂养时间对黄颡鱼肌肉常规营养成分的影响

如表4所示, 暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉中的粗蛋白质含量显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), 但粗脂肪含量显著低于对照组和暂养20d组($P<0.05$); 各组黄颡鱼肌肉粗灰分和水分含量无显著性差异($P>0.05$)。

2.5 暂养时间对黄颡鱼肌肉氨基酸组成的影响

如表5所示, 暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉中亮

表1 暂养期间试验池水质指标监测

Tab. 1 Monitoring water quality index of the test pond during purging time (mean±SE, mg/L)

组别 Group	氨态氮 Ammonia nitrogen	亚硝态氮 Nitrite nitrogen	总氮 Total nitrogen	总磷 Total phosphorus	溶氧 Dissolved oxygen
0	0.04±0.03	0.01±0.03	1.56±0.19 ^b	0.10±0.06	9.8±0.5
20d	0.03±0.02	0.01±0.02	1.41±1.29 ^b	0.09±0.14	10.8±1.1
30d	0.04±0.06	0.01±0.01	2.01±0.13 ^{ab}	0.12±0.23	9.7±0.8
40d	0.05±0.07	0.01±0.01	2.89±0.32 ^a	0.13±0.07	9.5±0.4

注: 同列数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同

Note: In the same column, values with different small letter superscripts show significantly difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts show no significantly difference ($P>0.05$). The same applies in below

表2 暂养时间对黄颡鱼生长性能的影响

Tab. 2 Effects of purging time on growth performance of *Pelteobagrus fulvidraco*

组别Group	末体重 W_t (g)	增重率 WGR (%)	特定生长率 SGR (%/d)	成活率 SR (%)	肥满度 CF (g/cm ³)	肝体比 HSI	脏体比 VSI
0				100±0.00 ^a	1.95±0.23	2.06±0.14	13.03±1.99
20d	39.84±1.06 ^c	153.94±12.6 ^c	4.66±0.18 ^a	92.4±3.81 ^b	1.92±0.20	2.02±0.19	12.97±2.49
30d	46.10±2.31 ^b	193.82±16.8 ^b	3.59±0.15 ^b	92.7±1.35 ^b	2.12±0.17	2.12±0.12	12.82±2.17
40d	55.52±1.44 ^a	253.86±20.7 ^a	3.16±0.20 ^c	90.3±2.51 ^b	2.32±0.12	2.23±0.11	12.54±2.45

表 3 暂养时间对黄颡鱼血清生化指标的影响

Tab. 3 Effects of purging time on serum biochemical indexes of *Pelteobagrus fulvidraco*

血清生化指标 Serum biochemical index	组别Group			
	0	20d	30d	40d
白蛋白ALB (g/L)	10.1±1.4 ^b	10.3±1.8 ^b	13.5±2.1 ^a	15.0±0.3 ^a
总蛋白TP (g/L)	35.7±1.6 ^b	36.3±0.9 ^b	40.9±2.7 ^a	44.8±3.9 ^a
总胆红素TBIL (μmol/L)	9.8±1.9 ^a	9.6±1.4 ^a	7.8±1.0 ^a	6.2±1.8 ^b
γ-谷氨酰基转移酶 γ-GGT (U/L)	6.1±0.7 ^a	5.2±1.8 ^a	2.8±0.2 ^b	2.1±0.9 ^b
谷草转氨酶AST (U/L)	322.7±5.2 ^a	309.4±6.9 ^a	289.6±5.8 ^a	268.9±9.8 ^b
谷丙转氨酶ALT (U/L)	242.0±8.2	241.5±8.7	238.6±11.5	222.8±6.7
碱性磷酸酶ALP (U/L)	95.9±9.8 ^a	92.0±10.2 ^a	67.1±4.1 ^b	59.8±6.1 ^b
总胆汁酸TBA (μmol/L)	16.8±3.1 ^a	16.3±2.0 ^a	14.9±6.1 ^b	14.2±3.8 ^b
总胆固醇TC (mmol/L)	10.1±2.7 ^a	9.0±2.5 ^a	6.1±0.6 ^b	6.2±0.5 ^b
肌酐CRE (μmol/L)	33.7±4.6 ^a	29.1±6.2 ^a	22.5±2.0 ^b	19.6±2.4 ^b
尿酸UA (μmol/L)	14.2±2.3	13.0±2.0	13.9±3.1	14.2±2.1
尿素URE (mmol/L)	2.2±0.3	2.3±0.6	2.1±0.2	2.1±0.3
葡萄糖GLU (mmol/L)	6.4±1.5	6.2±0.3	5.4±2.0	5.6±1.6
尿酞比UCR	9.6±1.5 ^a	8.6±0.7 ^a	6.7±2.1 ^b	6.8±1.6 ^b

注: 同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 相同或无字母表示差异不显著($P>0.05$)。下同

Note: In the same row, values with different small letter superscripts show significantly difference ($P<0.05$), while with the same or no letter superscripts show no significantly difference ($P>0.05$). The same applies below

表 4 暂养时间对黄颡鱼肌肉常规营养成分的影响(湿重, %)

Tab. 4 Effects of purging time on muscle routine nutritional components of *Pelteobagrus fulvidraco* (wet weight, %)

营养成分 Nutritional composition	组别Group			
	0	20d	30d	40d
粗蛋白质CP	13.9±0.4 ^b	15.7±0.2 ^b	18.5±0.7 ^a	18.9±0.8 ^a
粗脂肪 EE	8.5±0.5 ^a	7.8±0.3 ^a	5.9±0.3 ^b	5.8±0.2 ^b
粗灰分Ash	1.2±0.1	1.2±0.1	1.2±0.2	1.2±0.1
水分Moisture	76.0±0.7	75.8±0.8	74.2±0.3	73.5±0.2

氨酸(Leu)、异亮氨酸(Ile)、蛋氨酸(Met)、苏氨酸(Thr)、谷氨酸(Glu)和天冬氨酸(Asp)含量显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), 其余氨基酸含量各组间无显著差异($P>0.05$)。暂养30d和40d组氨基酸总量(Σ AA)、必需氨基酸总量(Σ EAA)、非必需氨基酸总量(Σ NEAA)和鲜味氨基酸总量(Σ DAA)显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$); 各组之间半必需氨基酸总量(Σ HEAA)无显著性差异($P>0.05$)。

暂养时间对黄颡鱼肌肉的氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS)值的影响见表 6。随暂养周期的延长, 必需氨基酸指数(EAAI)呈上升趋势, 暂养30d和40d组必需氨基酸指数显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$), 暂养40d组黄颡鱼肌肉必需氨基酸指数最高。根据AAS和CS评分, 不同暂养周期下黄颡鱼肌肉中苯丙氨酸+酪氨酸评分最低, 其次为异亮氨酸, 说明各组第一限制性氨基酸均为苯丙氨酸+酪氨酸, 第二限制性氨基酸均为异亮氨酸。

2.6 暂养时间对黄颡鱼肌肉脂肪酸组成的影响

如表 7所示, 暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉中14-甲基十五烷酸甲酯、二十碳五烯酸甲酯(EPA-M)和n-6多不饱和脂肪酸(n-6 PUFA)含量显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$); 暂养40d组黄颡鱼肌肉中二十二碳六烯酸甲酯(DHA-M)和二十碳五烯酸+二十二碳六烯酸(EPA+DHA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)、多不饱和脂肪酸(PUFA)和单不饱和脂肪酸+多不饱和脂肪酸(MUFA+PUFA)含量显著高于其他组($P<0.05$), 但二十碳五烯酸: 二十二碳六烯酸(EPA:DHA)比例显著低于其他组($P<0.05$); 暂养30d组黄颡鱼肌肉中棕榈油酸甲酯、棕榈酸甲酯、反油酸甲酯、硬脂酸甲酯、二十碳三烯酸甲酯、花生烯酸含量显著低于其他组($P<0.05$); 除上述脂肪酸外, 各组间其他脂肪酸含量无显著性差异($P>0.05$)。

2.7 暂养时间对黄颡鱼肌肉质构的影响

如表 8所示, 暂养40d组黄颡鱼肌肉的硬度和胶黏性显著高于其他组($P<0.05$); 暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉的弹性、咀嚼性和回复性显著高于对照组和暂养20d组($P<0.05$); 暂养30d组黄颡鱼肌肉的黏性显著高于其他组($P<0.05$); 不同养殖周期黄颡鱼肌肉凝聚性无显著性差异($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 暂养期间试验池水质对黄颡鱼的影响

良好的水质是水产养殖的首要条件, 而衡量水

质好坏的指标主要有氨态氮、pH和DO等^[15,16]。黄颡鱼属于无鳞鱼,对生长环境和养殖管理要求较高,耐低氧能力差,为了让其快速生长,必须对水质进行严格把控,并保持养殖池的溶氧在5 mg/L以上。并有研究显示,水体中高氨态氮过高会胁迫大菱鲂^[17](*Scophthalmus maximus*)、大西洋比目鱼^[18](*Hippo-*

glossus hippoglossus)等鱼类生长,当氨氮含量>2 mg/L时,对黄颡鱼的生长与饲料利用率有明显的抑制作用^[19]。在本实验中,流水来自上游优质水源水库,能够保持在养殖池溶氧水平平均超过9.0 mg/L,氨态氮含量在0.03—0.05 mg/L,亚硝态氮含量在0.01 mg/L,因此,开放流水养殖模式可为鱼类养殖提供安全的

表 5 暂养时间对黄颡鱼肌肉氨基酸组成的影响(湿重, %)

Tab. 5 Effects of purging time on muscle amino acid composition of *Pelteobagrus fulvidraco* (wet weight, %)

氨基酸Amino acid		组别Group			
		0	20d	30d	40d
必需氨基酸 EAA	亮氨酸 Leu	1.21±0.02 ^b	1.20±0.04 ^b	1.39±0.02 ^a	1.46±0.03 ^a
	异亮氨酸 Ile	0.58±0.03 ^b	0.64±0.04 ^b	0.66±0.02 ^a	0.68±0.03 ^a
	苯丙氨酸 Phe	0.62±0.02	0.63±0.03	0.63±0.02	0.64±0.02
	赖氨酸 Lys	1.41±0.04	1.43±0.03	1.48±0.03	1.47±0.04
	蛋氨酸 Met	0.44±0.01 ^b	0.49±0.02 ^b	0.52±0.03 ^a	0.54±0.03 ^a
	苏氨酸 Thr	0.75±0.02 ^b	0.80±0.02 ^b	0.83±0.05 ^a	0.85±0.04 ^a
	缬氨酸 Val	0.68±0.02	0.69±0.03	0.72±0.04	0.71±0.03
半必需氨基酸	组氨酸 His	0.40±0.01	0.43±0.05	0.46±0.02	0.46±0.03
	精氨酸 Arg	0.90±0.05	0.91±0.02	0.89±0.04	0.92±0.03
非必需氨基酸	谷氨酸 Glu*	1.77±0.11 ^b	1.90±0.19 ^b	2.20±0.16 ^a	2.28±0.02 ^a
	天冬氨酸 Asp*	1.39±0.06 ^b	1.59±0.24 ^b	1.77±0.09 ^a	1.81±0.03 ^a
	甘氨酸 Gly*	0.80±0.03	0.84±0.13	0.89±0.12	0.92±0.04
	丙氨酸 Ala*	0.88±0.08	0.91±0.11	0.98±0.23	1.01±0.11
	丝氨酸 Ser	0.70±0.02	0.72±0.22	0.75±0.10	0.78±0.10
	脯氨酸 Pro	0.92±0.13	0.88±0.14	0.85±0.20	0.83±0.21
	酪氨酸 Tyr	0.64±0.04	0.64±0.09	0.64±0.11	0.64±0.08
	氨基酸总量 ΣAA	14.09±0.16 ^b	14.70±0.28 ^b	15.66±0.13 ^a	16.00±0.11 ^a
	必需氨基酸总量 ΣEAA	5.69±0.03 ^b	5.88±0.08 ^b	6.23±0.09 ^a	6.35±0.08 ^a
	半必需氨基酸总量 ΣHEAA	1.3±0.05	1.34±0.06	1.35±0.08	1.38±0.13
	非必需氨基酸总量 ΣNEAA	7.1±0.10 ^b	7.56±0.14 ^b	8.08±0.10 ^a	8.27±0.17 ^a
	鲜味氨基酸总量 ΣDAA	4.84±0.14 ^b	5.24±0.20 ^b	5.84±0.06 ^a	6.02±0.07 ^a

注: *代表鲜味氨基酸

Note: “*” represents delicious amino acids (DAA)

表 6 暂养时间对黄颡鱼肌肉必需氨基酸评分、化学评分、必需氨基酸指数的影响

Tab. 6 Effects of purging time on muscle essential AAS, CS and EAAI of *Pelteobagrus fulvidraco* (n=15)

氨基酸Amino acid	0		20d		30d		40d	
	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS	氨基酸评分 AAS	化学评分 CS
亮氨酸 Leu	0.46±0.07	0.40±0.07	0.46±0.05	0.40±0.02	0.53±0.13	0.46±0.07	0.56±0.09	0.47±0.14
异亮氨酸 Ile	0.36±0.05 [#]	0.32±0.14 [#]	0.40±0.02 [#]	0.35±0.04 [#]	0.50±0.04 [#]	0.41±0.12 [#]	0.54±0.02 [#]	0.41±0.15 [#]
赖氨酸 Lys	0.54±0.11	0.57±0.06	0.64±0.06	0.58±0.01	0.71±0.12	0.72±0.11	0.79±0.20	0.76±0.22
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.41±0.10	0.33±0.11	0.48±0.05	0.36±0.06	0.51±0.04	0.42±0.16	0.58±0.18	0.44±0.08
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	0.28±0.08*	0.32±0.06*	0.39±0.02*	0.33±0.02*	0.39±0.06*	0.36±0.05*	0.47±0.16*	0.39±0.11*
苏氨酸 Thr	0.53±0.09	0.38±0.09	0.57±0.10	0.40±0.05	0.60±0.04	0.52±0.10	0.66±0.18	0.55±0.07
缬氨酸 Val	0.61±0.08	0.59±0.05	0.62±0.08	0.60±0.04	0.69±0.05	0.64±0.11	0.76±0.18	0.69±0.17
必需氨基酸指数(EAAI)	52.68±1.80 ^b		55.21±1.75 ^b		60.17±1.97 ^a		62.87±2.58 ^a	

注: *代表第一限制性氨基酸; #代表第二限制性氨基酸

Note: *represents the first limited amino acid; #represents the second limited amino acid

水质环境。

3.2 暂养时间对黄颡鱼生长性能的影响

暂养可减少鱼类应激反应、提高鱼肉品质及存活率, 还可帮助其适应新环境^[3, 20]。黄颡鱼属小型鱼类, 生长速度较慢, 适当延长暂养周期, 可以提高养殖产量。本研究结果显示, 暂养时间的延长可以显著提高黄颡鱼的增重率, 其原因是由于试验鱼正处于快速生长期。暂养20d黄颡鱼特定生长率最高, 可能由于黄颡鱼前期生长发育较快, 后期发育减缓。形体指标是评价鱼体生长与健康的重要指标, 脏体比等指标增加时, 可能会引起鱼体内脏器官炎症或脂肪沉积, 影响内脏器官的生理功能^[21]。本研究显示, 随着暂养周期的延长, 各试验组间脏体比虽无显著性差异, 但呈现逐渐降低的趋势, 因此适宜的暂养在一定程度上可以促进黄颡鱼肝脏健康。

3.3 暂养时间对黄颡鱼血清生化指标的影响

鱼类血液生化指标与其生理健康、物质代谢、营养及疾病状况有着密切关系^[22, 23]。血清中的酶活力水平可以反映蛋白、肽类及氨基酸等物质的吸收代谢状况, ALB、TP及球蛋白等指标都可直观反映机体健康及免疫状况^[24, 25]。TP可以反映机体蛋白质吸收和代谢状况, 其含量的增加可以促进机体蛋白质沉积, 促进鱼体生长^[26]; 血清 ALB可以反映机体的营养能力^[27]。本研究显示, 暂养30d和40d组血清中的ALB和TP显著高于对照组和暂养20d组, 说明适当延长黄颡鱼的暂养时间可提高其肝脏对蛋白质的吸收能力, 促进鱼体快速生长, 增强免疫力。血清ALT和AST作为肝脏细胞中重要的转氨酶, 可反映蛋白质代谢利用率, 间接指示氨基酸代谢强度^[25], γ -GGT广泛存在于生物各组织及

表 7 暂养时间对黄颡鱼肌肉脂肪酸组成的影响

Tab. 7 Effects of purging time on muscle fatty acid composition of *Pelteobagrus fulvidraco* (mg/kg)

脂肪酸Fatty acid	组别Group			
	0	20d	30d	40d
月桂酸甲酯 C12:0	0.86±0.03	0.94±0.04	0.91±0.06	1.01±0.03
肉豆蔻烯酸甲酯 C14:1	2.79±0.11	3.07±0.11	2.81±0.15	3.08±10
十四酸甲酯 C14:0	2.60±0.05	2.67±0.07	2.58±0.10	2.79±0.08
棕榈油酸甲酯 C16:1	20.11±0.25 ^a	21.04±0.36 ^a	16.73±0.45 ^b	22.52±0.37 ^a
棕榈酸甲酯 C16:0	57.88±0.23 ^a	58.61±0.28 ^a	48.72±0.35 ^b	58.62±0.29 ^a
14-甲基十五烷酸甲酯	0.63±0.18 ^b	0.67±0.14 ^b	0.82±0.05 ^a	0.88±0.07 ^a
14-甲基十六烷酸甲酯	1.23±0.04	1.24±0.03	1.21±0.03	1.26±0.05
亚油酸甲酯	96.01±6.75	97.17±5.21	103.30±8.46	108.06±4.70
反-9-十八碳烯酸甲酯	2405.39±359.12	2418.66±379.88	2533.57±436.17	2619.81±423.30
反油酸甲酯 C18:1T	302.11±27.13 ^a	315.65±23.15 ^a	284.38±29.77 ^b	320.62±21.07 ^a
11-反-十八烯酸	0.58±0.03	0.65±0.02	0.56±0.05	0.66±0.02
硬脂酸甲酯	54.29±0.10 ^a	58.36±0.11 ^a	49.22±0.29 ^b	60.46±0.13 ^a
花生四烯酸甲酯 C20:4	2.83±0.04	2.79±0.02	2.99±0.01	2.9±0.01
二十碳五烯酸甲酯(EPA-M) C20:5	3.06±0.04 ^b	3.19±0.11 ^b	3.54±0.05 ^a	3.75±0.06 ^a
二十碳三烯酸甲酯 C20:3	4.43±0.03 ^a	4.61±0.08 ^a	3.71±0.10 ^b	4.66±0.08 ^a
二十碳二烯酸甲酯 C20:2	4.01±0.04	4.25±0.09	4.07±0.12	4.26±0.08
花生烯酸	276.29±0.49 ^a	290.29±0.33 ^a	253.17±0.67 ^b	289.14±0.30 ^a
19-甲基十九烷酸甲酯	2.93±0.07	3.04±0.04	3.06±0.04	2.89±0.02
二十二碳六烯酸甲酯(DHA-M) C22:6	19.76±0.31 ^b	20.37±0.27 ^b	21.28±0.20 ^b	26.47±0.25 ^a
脂肪酸总量	3257.79±80.67	3307.27±79.33	3336.63±88.90	3533.84±83.34
单不饱和脂肪酸 MUFA	3007.27±60.11 ^b	3049.36±56.77 ^b	3091.22±67.97 ^b	3255.83±64.35 ^a
多不饱和脂肪酸PUFA	130.10±7.26 ^b	132.38±5.56 ^b	138.89±6.80 ^b	150.10±3.41 ^a
单不饱和脂肪酸+多不饱和脂肪酸 MUFA+PUFA	3137.37±34.07 ^b	3181.74±35.66 ^b	3230.11±49.05 ^b	3405.93±36.00 ^a
n-3多不饱和脂肪酸 n-3 PUFA	3.06±0.17	3.19±0.07	3.54±0.12	3.75±0.16
n-6多不饱和脂肪酸 n-6 PUFA	107.28±1.01 ^b	108.82±1.21 ^b	114.07±1.59 ^a	119.88±1.33 ^a
二十碳五烯酸+二十二碳六烯酸 EPA+DHA	22.82±0.12 ^b	23.56±0.14 ^b	24.82±0.09 ^b	30.22±0.15 ^a
二十碳五烯酸:二十二碳六烯酸 EPA:DHA	0.154858±0.000024 ^a	0.156603±0.000017 ^a	0.166353±0.000021 ^a	0.141670±0.000034 ^b
饱和脂肪酸:不饱和脂肪酸 SFA:UFA	0.038382±0.000045	0.03945±0.000033	0.032972±0.000031	0.037555±0.000027

表 8 暂养时间对黄颡鱼肌肉质地特性的影响

Tab. 8 Effects of purging time on muscle textural properties of *Pelteobagrus fulvidraco*

质地特性 Textural properties	组别Group			
	0	20d	30d	40d
硬度Hardness (g)	6009.1±637.0 ^b	6042.8±698.8 ^b	6725.6±539.6 ^b	7999.3±577.4 ^a
弹性Springiness (%)	0.64±0.16 ^b	0.69±0.09 ^b	0.84±0.02 ^a	0.94±0.04 ^a
凝聚性Cohesiveness	0.64±0.07	0.63±0.03	0.55±0.07	0.60±0.02
胶黏性Gumminess (g)	4007.8±352.8 ^b	4120.8±318.6 ^b	4220.0±339.0 ^b	5070.7±409.2 ^a
咀嚼性Chewiness (g)	4377.4±593.5 ^b	4429.1±613.6 ^b	5946.5±559.0 ^a	5255.6±517.5 ^a
回复性Resilience	42.2±3.9 ^b	48.3±4.6 ^b	57.7±2.3 ^a	59.2±3.8 ^a
黏性Viscosity (g.sec)	-11.5±1.1 ^a	-10.7±0.7 ^a	-9.4±0.9 ^b	-12.3±0.9 ^a

器官,它们参与调节动物机体蛋白质合成与代谢,可作为反映肝脏功能的重要指标^[28],在正常情况下血液中含量较低。研究表明,随着暂养时间的延长,黄颡鱼血清中的ALT、AST及 γ -GGT含量呈下降趋势,暂养40d组鱼类血清中AST和 γ -GGT含量显著低于对照组,试验结果证明暂养时间为40d时,机体内氨基酸的代谢强度较低,进而有利于鱼体蛋白的沉积,这与肌肉中蛋白质含量结果一致。

TBIL、TBA和TC作为机体代谢废物,其含量过高会对动物肝脏造成损伤。在本实验中,暂养30d和40d组黄颡鱼血清中TBA和TC含量显著低于对照组和暂养20d组;随着暂养周期的延长,暂养40d组鱼类血清中TBIL含量显著低于其他各组,研究表明适宜暂养时间可以降低黄颡鱼血清中TBIL、TBA和TC等代谢废物的含量,有利于机体的健康。血清中的CRE、UA、URE、GLU和UCR的含量过高会造成机体肾脏功能损伤^[29],暂养30d和40d组鱼类血清中CRE和UCR含量显著低于对照组和暂养20d组,URE和GLU含量随着暂养周期的延长呈下降趋势,证明暂养40d组黄颡鱼肾功能状况最好,适当延长开放流水养殖模式下的暂养时间能有效地改善鱼体的生理功能,增强免疫力和代谢能力,减轻人工养殖过程中造成的肝功能和肾功能损伤,减少病害发生的优势。

3.4 暂养时间对黄颡鱼肌肉常规营养成分的影响

粗蛋白质、粗脂肪和粗灰分等物质是鱼类肌肉的重要常规成分,其含量可以用来评价鱼类肌肉的营养品质,且蛋白质作为六大营养要素之首,其含量高低也是评价水产品品质和营养价值的重要指标^[30,31]。本研究显示,暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉中粗蛋白质含量显著高于对照组和暂养20d组,粗脂肪含量显著低于对照组和暂养20d组,表明暂养30d和40d组黄颡鱼肌肉品质更优,具有高蛋白低脂肪的特点。其原因可能是由于暂养30d和40d组黄颡鱼血清中ALB、TP等物质含量较高,可以促

进机体内蛋白质沉积;ALT和AST和 γ -GGT等物质含量较低,机体本身氨基酸代谢强度较低,有利于蛋白质沉积;这与短期暂养对鲫鱼品质影响结果相似,但鲫暂养后粗蛋白和粗脂肪都会降低,其原因可能由于此试验过程不予喂食,鱼体生命活动消耗脂肪和蛋白质^[9]。n-3 PUFA能有效降低肝胰脏及腹腔脂肪组织中的脂质蓄积^[32],本研究显示,延长暂养时间,黄颡鱼肌肉n-3 PUFA含量呈上升趋势,且暂养30d和40d组黄颡鱼肝肾功能状况较好,能量消耗大,从而降低脂质蓄积,加快脂肪分解为机体供能,降低鱼体脂肪储存含量;因此,在开放流水养殖模式下,适宜的暂养时间有利于促进黄颡鱼肌肉高蛋白质低脂肪的形成。

3.5 暂养时间对黄颡鱼肌肉氨基酸组成的影响

必需氨基酸的种类、数量和组成比例是决定食物中蛋白质营养价值的重要指标^[33];肌肉的美味程度与其鲜味氨基酸的组成和含量密切相关^[34,35]。本研究显示,暂养40d组黄颡鱼肌肉中的必需氨基酸总量和鲜味氨基酸总量最高,因此暂养40d黄颡鱼口感优于其他组。其原因可能由于暂养40d组黄颡鱼血清中ALT、AST和 γ -GGT含量低,氨基酸代谢强度低,且其肝肾功能强,能够有效吸收食物中机体所需氨基酸,促进机体内必需氨基酸和鲜味氨基酸总量提高。因此可以减少淡水鱼特有的土腥味,且其营养价值更高。这与周敏等^[8]感官评定暂养过程中草鱼肉腥味和泥土味降低的研究结果相似,表明暂养会影响鱼体肌肉氨基酸组成,从而促使鱼肉口感更佳。

蛋白质营养价值的评价取决于氨基酸组成^[29]。本实验结果显示,各组第一限制性氨基酸均为Phe+Tyr,第二限制性氨基酸均为Ile;这与刘梅等^[29]研究发现野生与池塘内循环水养殖黄颡鱼的第一限制性氨基酸一致;此外,本实验中暂养40d组各种氨基酸的评分和必需氨基酸指数(EAAI)最高,且与刘梅等^[29]试验研究中野生组指数接近,因此在开放流水养殖

模式下, 适宜暂养时间可以促进鱼体氨基酸组成更合理, 鱼肉营养价值更高, 从而提升黄颡鱼肌肉品质。

3.6 暂养时间对黄颡鱼肌肉脂肪酸的含量影响

鱼体含有丰富的脂肪酸, SFA是机体重要的能量来源, 不饱和脂肪酸具有促进细胞正常生理、降低血液黏稠度和促进大脑发育等功能^[36, 37]。PUFA作为人体和动物生长发育所需的必需脂肪酸, 还可显著提高肉质香味^[36, 38]; EPA和DHA可作为衡量肌肉脂肪酸品质的指标^[39], 其具有促进体内饱和脂肪酸代谢和提高免疫力的功能。本研究显示, 暂养40d组黄颡鱼肌肉中MUFA、PUFA及EPA+DHA含量最高, 黄颡鱼肌肉营养价值高于其他组。这与袁小琛等^[3]适宜暂养可提高鳙肌肉必需脂肪酸和多不饱和脂肪酸的相对含量结果相似。因此, 在开放流水养殖模式下, 适宜暂养时间可以提高黄颡鱼肌肉脂肪酸含量和鱼体营养价值。

3.7 暂养时间对黄颡鱼肌肉质构的影响

质构作为肌肉组织的重要物理特性, 是目前用于评价水产品肉质最广泛的方法之一^[33], 可以从硬度、弹性、咀嚼性和回复性等指标来客观评价肌肉的品质^[40]。且鱼肉的硬度和弹性作为反映其品质的主要特质, 与鱼体的脂肪含量和肌纤维密切相关^[41]。本研究显示, 暂养40d黄颡鱼肌肉硬度胶黏性、弹性、咀嚼性和回复性高, 鱼肉口感最好, 其原因可能由于暂养时间长, 鱼体脂肪含量低, 蛋白质含量高, 有利于肌原纤维蛋白、基质蛋白及肌纤维等肌肉微观结构生长有关。与上述结果类似, 适宜暂养可显著提高鳙肌肉弹性^[3]; 草鱼经过50d的暂养, 其肌肉硬度、弹性和内聚性等指标显著高于对照组^[5]。因此, 在开放流水养殖模式下适宜的暂养时间可促使黄颡鱼的肉质更加结实、富有弹性、有嚼劲及适口性更好。

4 结论

在开放流水养殖模式下, 暂养40d对黄颡鱼肌肉品质和营养价值综合提升效果最好, 可增强鱼体肝肾功能、提高免疫与代谢能力、增加肌肉蛋白含量和降低脂肪含量, 同时增加肌肉中鲜味氨基酸含量, 减少池塘养殖鱼体中存在的土腥味, 增强鱼肉弹性, 适口性更佳。但还应探索延长暂养时间是否能进一步提升养殖品质; 且开放流水养殖模式成本较一般池塘养殖成本高, 所以暂养时间、养殖效益及养殖品质最佳效益平衡点需要进一步探索。

参考文献:

[1] Fisheries and Fisheries Administration Bureau of the

Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China Fishery Statistical Yearbook 2021 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021. [农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 中国渔业统计年鉴 [M], 2021. 北京: 中国农业出版社, 2021.]

- [2] Li D Y, Yin Q Q, Hou N, *et al.* Genetic diversity of different ecologo-geographical populations of yellow catfish *Pelteobagrus eupogon* [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2009, **40**(4): 460-469. [李大宇, 殷倩茜, 侯宁, 等. 黄颡鱼(*Pelteobagrus eupogon*)不同生态地理分布群体遗传多样性的微卫星分析 [J]. *海洋与湖沼*, 2009, **40**(4): 460-469.]
- [3] Yuan X C, Chen F, Wang G Y, *et al.* Effects of purging time on meat quality and nutritional value of *Aristichthys nobilis* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2020, **50**(6): 83-91. [袁小琛, 陈范, 王光毅, 等. 暂养时间对鳙肌肉品质和营养价值的影响 [J]. *淡水渔业*, 2020, **50**(6): 83-91.]
- [4] Gao Q, An Y Q, Chen Z, *et al.* The effect of short-term micro-flow water treatment on the muscle taste quality of bighead carp cultured in ponds [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2021, **45**(5): 1057-1066. [高琴, 安玥琦, 陈周, 等. 短时微流水处理对池塘养殖鳙鱼肌肉滋味品质的影响 [J]. *水生生物学报*, 2021, **45**(5): 1057-1066.]
- [5] Lv H, Hu W, Xiong S, *et al.* Depuration and starvation improves flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *Aquaculture Research*, 2018, **49**(9): 3196-3206.
- [6] Palmeri G, Turchini G M, Marriott P J, *et al.* Biometric, nutritional and sensory characteristic modifications in farmed Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) during the purging process [J]. *Aquaculture*, 2009, **287**(3/4): 354-360.
- [7] Yang Y P, Xiong G Q, Cheng W, *et al.* Review on formation mechanism, analysis and removal technologies of fishy off-odor [J]. *Food Science*, 2009, **30**(23): 533-538. [杨玉平, 熊光权, 程薇, 等. 水产品异味物质形成机理、检测及去除技术研究进展 [J]. *食品科学*, 2009, **30**(23): 533-538.]
- [8] Zhou M, Chen L L, Yuan M L, *et al.* Research on the effects of short term starvation to the grass carp meat quality and volatile flavor [J]. *The Food Industry*, 2016, **37**(11): 139-143. [周敏, 陈丽丽, 袁美兰, 等. 短期暂养对草鱼肉质和挥发性风味的影响 [J]. *食品工业*, 2016, **37**(11): 139-143.]
- [9] Wu Z Z, Chen L L, Yuan M L, *et al.* Research of the effect of short term starvation to the crucian meat quality [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, **36**(15): 334-337. [吴朝朝, 陈丽丽, 袁美兰, 等. 短期暂养对鲫鱼肉质影响的研究 [J]. *食品工业科技*, 2015, **36**(15): 334-337.]
- [10] Du W G, Li X D, Wang S E, *et al.* Changes of volatile

- components in Nile tilapia during purging process [J]. *Food Science*, 2011, **32**(14): 215-218. [杜伟光, 李小定, 王术娥, 等. 尼罗罗非鱼暂养阶段挥发性成分的变化 [J]. 食品科学, 2011, **32**(14): 215-218.]
- [11] Guo X D. Quality improvement of circulating water starvation treatment on the muscle of blunt snout bream [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019. [郭晓东. 循环水暂养处理对团头鲂肌肉品质的提升作用 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2019.]
- [12] Chen Y N, Li H L, Zu X Y, *et al.* Effects of environmental factors during temporary rearing on physicochemical properties and texture characteristics of *Ictalurus punctatus* muscles [J]. *Meat Research*, 2021, **35**(8): 9-15. [陈亚楠, 李海蓝, 钜晓艳, 等. 暂养环境因子对斑点叉尾鲷肌肉理化性质与质构特性的影响 [J]. 肉类研究, 2021, **35**(8): 9-15.]
- [13] Chen Z, Hu Y, An Y Q, *et al.* Quality improvement of short-time micro-flow water treatment on the flesh of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) cultured in a pond [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2020, **44**(7): 1198-1210. [陈周, 胡杨, 安玥琦, 等. 短时间微流水处理对池塘养殖草鱼鱼肉品质的提升作用 [J]. 水产学报, 2020, **44**(7): 1198-1210.]
- [14] FAO/WHO and Hoc Expert Committee. Energy and Protein Requirement [R]. Geneva FAO, Rome: World Health Organization, 1973.
- [15] Ren Y Y, Wen H S, Li J F, *et al.* Effects and physiological mechanism of stocking density on growth and feeding in juvenile Amur sturgeon *Acipenser schrenckii* in a pond [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2014, **29**(1): 45-50. [任源远, 温海深, 李吉方, 等. 池塘放养密度对施氏鲟幼鱼生长、摄食和肌肉组分的影响 [J]. 大连海洋大学学报, 2014, **29**(1): 45-50.]
- [16] Chen Z X, Wang W Y. Mechanism and control of water quality factors influencing the growth of fish [J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2009, **30**(1): 15-17. [陈在新, 王文一. 影响鱼类生长的水质因子机理与控制 [J]. 畜牧与饲料科学, 2009, **30**(1): 15-17.]
- [17] Foss A, Imsland A K, Roth B, *et al.* Effects of chronic and periodic exposure to ammonia on growth and blood physiology in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) [J]. *Aquaculture*, 2009, **296**(1/2): 45-50.
- [18] Paust L O, Foss A, Imsland A K. Effects of chronic and periodic exposure to ammonia on growth, food conversion efficiency and blood physiology in juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. *Aquaculture*, 2011, **315**(3/4): 400-406.
- [19] Cui P, Qiang J. Growth and hepatic SOD activity of dark-barbel catfish *Pelteobagrus vachelli* under influences of water pH and ammonia nitrogen [J]. *Freshwater Fisheries*, 2018, **48**(4): 39-44. [崔平, 强俊. pH与氨氮对黄颡鱼幼鱼生长与肝脏超氧化物歧化酶的影响 [J]. 淡水渔业, 2018, **48**(4): 39-44.]
- [20] Lan Y Y, Zhang Y J, Song Z F, *et al.* Construction and application of denitrification system of seawater temporary nutrition system at low temperature [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2019, **50**(8): 1836-1843. [兰燕月, 张饮江, 宋增福, 等. 低温条件下海水暂养装置脱氮系统的构建及其应用效果 [J]. 南方农业学报, 2019, **50**(8): 1836-1843.]
- [21] Peng K, Xiao H F, Mo W Y, *et al.* Effects of replacing fish meal with black soldier fly larvae meal on growth performance, physical indexes, body composition and nutrient retention rates of *Micropterus salmoides* [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, **33**(11): 6340-6348. [彭凯, 萧鸿发, 莫文艳, 等. 黑水虻幼虫粉替代鱼粉对加州鲈生长性能、形体指标、体成分及营养物质沉积率的影响 [J]. 动物营养学报, 2021, **33**(11): 6340-6348.]
- [22] Jiang M, Wen H, Gou G W, *et al.* Preliminary study to evaluate the effects of dietary bile acids on growth performance and lipid metabolism of juvenile genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed plant ingredient-based diets [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2018, **24**(4): 1175-1183.
- [23] Hu J R, Yi C J, Wang G X, *et al.* Effects of dietary soybean oil replaced with black soldier fly larvae oil on growth performance, plasma biochemical indexes and liver lipid droplets of juvenile yellow catfish [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2020, **44**(4): 717-727. [胡俊茹, 易昌金, 王国霞, 等. 黑水虻油替代豆油对黄颡鱼幼鱼生长、血清生化指标和肝脏脂滴面积的影响 [J]. 水生生物学报, 2020, **44**(4): 717-727.]
- [24] Tang J Z, Cao S P, Qu F F, *et al.* Effects of sustained release nanosphere sodium butyrate on the growth performance, serum biochemical indices, intestinal mucosal morphology and *pept1* mRNA expression in intestinal of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2021, **45**(4): 764-773. [唐建洲, 曹申平, 瞿符发, 等. 纳米缓释丁酸钠对草鱼生长性能、血清生化指标、肠道黏膜形态及 *PepT1* 基因表达的影响 [J]. 水生生物学报, 2021, **45**(4): 764-773.]
- [25] Ai F, Wang L S, Li J N, *et al.* Effects of α -ketoglutarate supplementation in lowphosphorous diets on growth performance, body composition and serum biochemical indexes of Songpu mirror carp [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, **42**(3): 525-532. [艾凤, 王连生, 李晋南, 等. 低磷饲料中添加 α -酮戊二酸对松浦镜鲤生长性能、体成分和血清生化指标的影响 [J]. 水生生物学报, 2018, **42**(3): 525-532.]
- [26] Akrami R, Gharaei A, Mansour M R, *et al.* Effects of dietary onion (*Allium cepa*) powder on growth, innate immune response and hemato-biochemical parameters of beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1754) juvenile [J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2015, **45**(2): 828-834.
- [27] Maita M. Fish health assessment [J]. *Dietary Supple-*

- ments for the Health and Quality of Cultured Fish, CAB International, 2007: 10-34.
- [28] He J J, Wang P, Feng J, *et al.* Effects of replacing fish meal with corn gluten meal on the growth, serum biochemical indices and liver histology of large yellow croaker *Larimichthys crocea* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2017, **41**(3): 506-515. [何娇娇, 王萍, 冯建, 等. 玉米蛋白粉替代鱼粉对大黄鱼生长、血清生化指标及肝脏组织学的影响 [J]. *水生生物学报*, 2017, **41**(3): 506-515.]
- [29] 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. [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.]
- [30] Xu J H, Wang Y, Zeng X X, *et al.* Effects of muscle quality improved feed on the growth performance, muscle quality and antioxidant ability of *Ictalurus punctatus* *Rafinesque* [J]. *China Feed*, 2020(21): 79-86. [徐家欢, 王洋, 曾祥茜, 等. 肉质改良饲料对斑点叉尾鲷生长性能、肌肉品质及抗氧化能力的影响 [J]. *中国饲料*, 2020(21): 79-86.]
- [31] Ding D M, Chen X H, Wu Y A, *et al.* Comparative analysis on nutritional quality of *Culter alburnus* cultured under different aquaculture modes [J]. *China Feed*, 2021(1): 89-95. [丁德明, 陈杏华, 伍远安, 等. 不同养殖模式翘嘴鲌肌肉营养品质比较 [J]. *中国饲料*, 2021(1): 89-95.]
- [32] Ji H, Li J, Liu P. Regulation of growth performance and lipid metabolism by dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 2011, **159**(1): 49-56.
- [33] Zhao H Y, Chen Z, Xu H F, *et al.* Muscular nutritional components and texture profile of marine cultured and fresh water cultured Guam red tilapia (*Oreochromis* spp.) [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2018, **49**(7): 1396-1402. [赵何勇, 陈诏, 徐鸿飞, 等. 海水和淡水养殖关岛红罗非鱼肌肉营养成分及品质特性分析 [J]. *南方农业学报*, 2018, **49**(7): 1396-1402.]
- [34] Ma X Z, Wen X, Wang W. Comparison of muscle nutritional components and nutritive quality of between wild and farmed *Pelteobagrus vachelli* [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2016, **43**(1): 26-31. [马旭洲, 温旭, 王武. 野生与人工养殖瓦氏黄颡鱼肌肉营养成分及品质评价 [J]. *安徽农业大学学报*, 2016, **43**(1): 26-31.]
- [35] Temussi P A. The good taste of peptides [J]. *Journal of Peptide Science*, 2012, **18**(2): 73-82.
- [36] Dong L X, Yu Y L, Mao T, *et al.* Analysis of muscle quality variations of *Ictalurus punctatus* reared in internal-circulation pond aquaculture [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2021, **28**(7): 914-924. [董立学, 喻亚丽, 毛涛, 等. 池塘内循环流水养殖斑点叉尾鲷肌肉品质的分析 [J]. *中国水产科学*, 2021, **28**(7): 914-924.]
- [37] Cheng S D, Li Y W. Overview of essential fatty acids in fish [J]. *Inland Fisheries*, 2004, **29**(10): 39-41. [程树东, 李英文. 鱼类必需脂肪酸概述 [J]. *内陆水产*, 2004, **29**(10): 39-41.]
- [38] Wang P, Zhang Y B, Jiang M L. Research advance in polyunsaturated fatty acid [J]. *China Oils and Fats*, 2008, **33**(12): 42-46. [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.]
- [39] Cheng H L, Jiang F, Peng Y X, *et al.* Comparison of nutrient composition of muscles of wild and farmed grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *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 [J]. *食品科学*, 2013, **34**(13): 266-270.]
- [40] Cheng J H, Sun D W, Han Z, *et al.* Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: a review [J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014, **13**(1): 52-61.
- [41] Hu F, Li X D, Xiong S B, *et al.* Texture properties of freshwater fish and their correlation with nutritional components [J]. *Food Science*, 2011, **32**(11): 69-73. [胡芬, 李小定, 熊善柏, 等. 5种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析 [J]. *食品科学*, 2011, **32**(11): 69-73.]

PURGING TIME ON MUSCLE QUALITY AND NUTRITIONAL VALUE OF YELLOW CATFISH (*PELTEOBAGRUS FULVIDRACO*) UNDER OPEN FLOWING WATER MODE

FU Yun-Yin¹, ZHENG Wei-You², ZHANG Heng², RUAN Guo-Liang^{1,2}, LIU Yu-Lin¹, CHAI Yi^{1,2} and FANG Liu^{1,2}

(1. College of Animal Science, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; 2. Hubei Fisheries Industrial Technology Research Institute, Jingzhou 434026 China)

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effect of purging time on muscle quality and nutritional value of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) under open flowing water mode. Yellow catfish of (15.69 ± 2.28) g at the rapid growth stage were randomly divided into 4 groups with 3 replicates in each group. The yellow catfish were temporarily fed for 0 (control), 20d, 30d and 40d respectively. During the experiment, *Pelteobagrus fulvidraco* were fed with a compound diet, and the water quality was regularly measured during the breeding process. After the experiment, the growth performance and serum biochemical indexes were measured; the composition of amino acids, fatty acids and textural properties in muscle were compared. The results showed as follows: 1) During the purging time period, the content of ammonia nitrogen in the water of the test tank was between 0.03—0.05 mg/L, the content of nitrite nitrogen was 0.01 mg/L, and the dissolved oxygen level exceeded 9.0 mg/L. 2) With the extension of purging time, the final body weight (W_t) and weight gain rate (WGR) of yellow catfish showed an increasing trend, while the specific growth rate (SGR) showed a decreasing trend, with significant differences among groups ($P < 0.05$). There were no significant differences in survival rate (SR), condition factor (CF), hepatosomatic index (HSI) and viscerosomatic index (VSI) of purging time groups for 20d, 30d and 40d ($P > 0.05$). 3) The contents of albumin (ALB) and total protein (TP) in serum of purging time 30d and 40d group were significantly higher than those of control group and purging time of 20d group ($P < 0.05$), but the activities of gamma-glutamyltransferase (γ -GGT), alkaline phosphatase (ALP), the contents of total cholesterol (TC) and total bile acids (TBA) were significantly lower than those of the control group and the purging time of 20d group; serum total bilirubin (TBIL) content and aspartate aminotransferase (AST) activity in the control group, the purging time of 20d and 30d groups were significantly higher than those of the purging time group for 40d ($P < 0.05$). The content of serum creatinine (CRE) and urine creatinine ratio (UCR) of *Pelteobagrus fulvidraco* in the purging time groups for 30d and 40d were significantly lower than those in the control group and the purging time for 20d group ($P < 0.05$). 4) The crude protein content in muscle of purging time groups for 30d and 40d was significantly higher than that of control group and purging time group for 20d ($P < 0.05$), but the crude lipid content was significantly lower than that of control group and purging time group for 20d ($P < 0.05$). 5) The total amount of amino acids (Σ AA), total essential amino acids (Σ EAA), total non-essential amino acids (Σ NEAA), total umami amino acids (Σ DAA) and essential amino acid index (EAAI) in the 30d and 40d purging time groups were significantly higher than those in the control group and the 20d purging time group ($P < 0.05$). The first limiting amino acid in muscle of four groups was all phenylalanine+tyrosine. 6) The contents of C20:5n-3+C22:6n-3 (EPA+DHA), monounsaturated fatty acid (MUFA) and polyunsaturated fatty acid (PUFA) in muscle of yellow catfish in purging time group for 40d were significantly higher than those in other groups ($P < 0.05$). 7) The muscle hardness and gumminess properties of purging time group for 40d was significantly higher than those in other groups ($P < 0.05$), and the muscle springiness, chewiness and resilience were significantly higher than those of control group and purging time group for 20d ($P < 0.05$). In this experiment, under the conditions of temporary cultivation, purging time for 40d can improve the muscle quality and nutritional value of yellow catfish, increase the contents of amino acids and fatty acids, reduce the earthen smell of pond cultured fish, and increase the aquaculture benefit of *Pelteobagrus fulvidraco*.

Key words: Purging times; Growth performance; Serum biochemical indices; Amino acid composition; Fatty acid composition; Textural propertie; *Pelteobagrus fulvidraco*