

短时微流水处理对池塘养殖鳙鱼肌肉滋味品质的影响

高琴 安琦 陈周 熊善柏

THE EFFECT OF SHORT-TERM MICRO-FLOW WATER TREATMENT ON THE MUSCLE TASTE QUALITY OF BIGHEAD CARP CULTURED IN PONDS

GAO Qin, AN Yue-Qi, CHEN Zhou, XIONG Shan-Bai

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2021.2021.002>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

净化时间对微流水系统中鳙品质影响的研究

INFLUENCE OF THE PURIFICATION TIME IN MICRO-WATER PURIFICATION AQUACULTURE SYSTEM ON THE MEAT QUALITY OF *ARISTICHTHYS NOBLES*

水生生物学报. 2019, 43(5): 1056–1061 <https://doi.org/10.7541/2019.124>

“太湖鲢”及其亲本肌肉营养成分的分析与评价

ANALYSIS AND EVALUATION OF NUTRITIONAL COMPOSITION IN MUSCLE OF HYBRID F1 OF FEMALE *CULTER ALBURNUS* × MALE *MEGALOBrama TERMINALIS* AND ITS PARENT FISH

水生生物学报. 2019, 43(2): 388–394 <https://doi.org/10.7541/2019.048>

不同年龄段养殖宽体沙鳅肌肉营养成分分析与评价

NUTRITIONAL COMPOSITION OF MUSCLE IN CULTURED *SINIBOTIA REEVESAE* POPULATION AT DIFFERENT AGES

水生生物学报. 2018, 42(3): 542–549 <https://doi.org/10.7541/2018.068>

一种可高效转染的青肌肉细胞系的建立与应用

ESTABLISHMENT AND APPLICATION OF A CELL LINE FROM MEDAKA (*ORYZIAS LATIPES*) MUSCLE WITH HIGHER TRANSFECTION EFFICIENCY

水生生物学报. 2019, 43(2): 322–329 <https://doi.org/10.7541/2019.040>

水流对草鱼幼鱼趋光行为的影响

THE EFFECT OF WATER FLOW ON THE PHOTOTAXIS OF JUVENILE GRASS CARP

水生生物学报. 2019, 43(6): 1253–1261 <https://doi.org/10.7541/2019.149>

池塘混养模式下生态基对鲤生长及水质的影响

EFFECTS OF ARTIFICIAL SUBSTRATES ON THE CARP GROWTH PERFORMANCE AND WATER QUALITY IN PONDS EQUIPPED BY USING A POLY-CULTURE SYSTEM

水生生物学报. 2018, 42(5): 956–964 <https://doi.org/10.7541/2018.118>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2021.2021.002

短时微流水处理对池塘养殖鳊鱼肌肉滋味品质的影响

高琴¹ 安玥琦^{1,2} 陈周¹ 熊善柏^{1,2}

(1. 华中农业大学食品科学技术学院, 武汉 430070; 2. 国家大宗淡水鱼加工技术研发分中心(武汉), 武汉 430070)

摘要: 为探究短时微流水处理对池塘养殖鳊鱼(*Aristichthys nobilis*)肌肉滋味品质的影响, 采用微流水装置对池塘养殖鳊鱼进行处理, 研究处理时间(0、2d、4d、6d、8d和10d)对池塘养殖鳊鱼肌肉中基本营养成分、游离氨基酸、脂肪酸、核苷酸及其降解产物、甜菜碱含量和感官评分的影响, 以期提升鳊鱼滋味品质提供新方法。结果表明: 随着微流水处理时间的延长, 鳊鱼肌肉中总游离氨基酸含量、甜味氨基酸含量、腺苷酸(Adenosine monophosphate, AMP)含量和甜菜碱含量呈现先增加后降低的趋势, 均在处理6d时含量最高, 较未处理组分别增加了17.74%、39.45%、28.00%和50.16%; 灰分和鲜味氨基酸含量呈现增加的趋势; 粗脂肪、总脂肪酸含量、饱和脂肪酸含量、单不饱和脂肪酸含量、多不饱和脂肪酸含量、苦味氨基酸含量、酸味氨基酸含量、次黄嘌呤核苷(Hypoxanthine riboside, HxR)和次黄嘌呤(Hypoxanthine, Hx)含量则逐渐降低; 粗蛋白含量在处理过程中无显著变化。滋味分析仪(电子舌)和感官评分结果表明, 微流水处理显著提高了鳊鱼肌肉鲜味和甜味, 降低了其咸味、苦味和腥味, 且处理6d时鳊鱼肌肉的滋味、气味、质地和色泽感官评分最高。故短时微流水处理可显著提高鳊鱼的肌肉滋味品质, 不降低营养品质, 适宜的处理时间为6d。

关键词: 鳊鱼; 肌肉; 微流水处理; 滋味物质; 感官评价

中图分类号: S984.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2021)05-1057-10



鳊(*Aristichthys nobilis*)又称花鲢、胖头鱼、黑鲢等, 是我国淡水养殖业中的“四大家鱼”之一, 以浮游生物为食, 多为池塘养殖, 产量大, 2019年我国鳊鱼养殖产量达 310.16×10^7 kg^[1]。鳊鱼头大而肥美, 以鲜食为主, 深受消费者青睐。但是, 鳊鱼肌肉的加工与消费则因其质地和风味的原因而受到限制^[2], 且水产品在不适宜的养殖条件如养殖密度大、水质环境差和投饵量过多等也会导致品质的下降^[3-5]。因此, 研究提高鳊鱼肌肉品质的方法与条件, 将对提高鳊鱼肌肉加工利用率和消费者接受度具有重要意义。

微流水处理是提升淡水鱼品质的方法之一。已有报道了微流水处理在鳕(*Gadus*)^[6]、大西洋鲑(*Salmo salar*)^[7]、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)^[8]、鲫(*Carassius auratus*)^[9]、鳊^[10]和草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)^[11]等水产品中的应用与品质提升效果。胡伟华等^[10]采用微流水处理鳊鱼时发现, 处理20d后的鳊鱼鱼肉的持水性、滋味和

气味品质显著提升, 但较长时间的饥饿使鳊鱼体重和肌肉蛋白含量显著下降, 影响了鳊鱼营养价值和商品价值。本实验室前期的研究发现, 短时微流水处理可显著提升草鱼^[12]、鲫^[13]和团头鲂^[14]的肌肉品质且不显著降低其营养价值。而目前短时微流水处理对鳊鱼肌肉滋味品质的影响还未见报道。

基于此, 本研究以池塘养殖鳊鱼为研究对象, 测定短时微流水处理过程中(0—10d)鳊鱼肌肉滋味成分及感官评价, 探究微流水处理时间对鳊鱼肌肉滋味品质的提升作用, 明确适宜的微流水处理时间, 为提高鳊鱼肌肉品质提供新方法, 增加鳊鱼的加工利用率, 以期开发优质调理水产食品提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 实验材料

新鲜鳊鱼购于湖北省钟祥市, 每尾质量为1.5—2.0 kg; 高氯酸、乙醚、乙醇、强氧化钠、焦

收稿日期: 2021-01-27; 修订日期: 2021-05-18

基金项目: 财政部和农业农村部: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-45-48)资助 [Supported by China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-45-28)]

作者简介: 高琴(1995—), 女, 硕士; 主要研究方向水产品加工与贮藏。E-mail: 935028176@qq.com

通信作者: 熊善柏(1963—), 教授; E-mail: xionsb@mail.hzau.edu.cn

性没食子酸、浓盐酸和雷氏盐等均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司;核苷酸及其降解产物标品、甜菜碱标品均为色谱纯,购于上海源叶生物科技有限公司;游离脂肪酸标品和游离氨基酸标品为色谱纯,购于美国Sigma-Aldrich公司。

1.2 实验主要设备

AVANTI J-26 型高速冷冻离心机,美国贝克曼公司;FJ-200 型高速分散均质机,上海标本模型厂;ASTREE 型滋味分析仪,法国Alpha M.O.S公司;UV-2600紫外-可见分光光度计,尤尼柯(上海)仪器有限公司;H-Class Acuity型超高效液相色谱仪,美国Waters公司;Trace1310 ISQ型气相色谱仪质谱仪,美国Thermo公司。

1.3 实验方法

微流水处理方案 将约400 kg鳙鱼[平均体重(1.72±0.12) kg,平均体长(44.44±0.98) cm]移至湖北兴祥食品有限公司微流水处理池中(长×宽×高=4.27 m×3.05 m×0.93 m),池中水位不低于44 cm,水温为9℃。具体方式:从处理池上方持续通入地下水,池底部持续流出处理后的水,使水不断流动和更换,水流量置换量约为400%,以池底管道向池内充入空气,处理期间不投饵。处理时长为10d,每隔2天取1次样,每次取6尾,分别在第0、第2、第4、第6、第8、第10天取样,鳙鱼经去头去尾后取背肌肉切成大小均匀的块状在液氮中速冻,然后转移至-80℃冰箱保存,尽快完成相关指标的测定。

基本营养成分的测定 水分:参照GB/T 5009.3-2016《食品安全国家标准食品中水分的测定》:采用直接干燥法^[15];灰分:参照GB/T 5009.4-2016《食品安全国家标准食品中灰分的测定》:采用高温灼烧法^[16];粗蛋白:参照GB/T 5009.5-

2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》:采用凯氏定氮法^[17];粗脂肪参考Folch等^[18]的方法:采用氯仿-甲醇直接提取法。

感官评价 鳙鱼肌肉在-80℃冰箱取出后放置4℃冰箱解冻完全,在蒸锅中蒸制15min后进行感官评定。感官评定由10位受过专业训练的品评员(5男,5女)对鳙鱼肌肉进行评价。感官评价标准参考陈周^[12]方法并作修改(表1)。感官评定总体评分计算公式如下:总体得分=气味得分×0.3+滋味得分×0.3+色泽得分×0.15+质地得分×0.25。

游离氨基酸含量的测定 准确称取2.00 g鳙鱼肌肉样品,加入30 mL 0.1 mol/L 盐酸,于6000 r/min均质3min,常温震荡提取15min,静置5min后过滤取上清液,残渣再用20 mL 0.1 mol/L 盐酸洗涤2次,合并上清液,用0.1 mol/L 盐酸定容至100 mL,过0.25 μm滤膜,取10 μL进行衍生反应。衍生化30min后采用超高效液相色谱仪进行含量测定^[19]。

脂肪酸组成含量的测定 脂肪的提取参考Folch等^[18]的方法;脂肪的皂化和脂肪酸甲酯化参考张伟伟等^[20]的方法。气相色谱仪质谱仪主要技术参数为:色谱柱TG-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:80℃保持1min,以10℃/min的速率升温至200℃,继续以5℃/min的速率升温至250℃,最后以2℃/min的速率升到270℃,保持3min。进样口温度:290℃;载气流速:1.2 mL/min;分流比:不分流;质谱条件:离子源温度为280℃,传输线温度为280℃,溶剂延迟时间为5.00min,扫描范围:30—400 amu。

核苷酸及其降解产物含量的测定 核苷酸及其降解产物的提取参考刘敬科^[21]的方法。鳙鱼肌肉在-80℃冰箱(保存时间为6个月)取出放置4℃冰箱解

表1 感官评分标准
Tab. 1 Sensory evaluation criteria

感官指标 Sensory Index	评价标准和评分Evaluation criteria and ratings				
	8—10分8—10Points	6—8分6—8Points	4—6分4—6Points	2—4分2—4Points	0—2分0—2Points
气味Odour	鱼肉香气浓郁Strong fish smell	鱼肉香气淡,无鱼腥味Light fish smell, no fishy smell	鱼肉香气淡,鱼腥味淡Light fish smell, light fishy smell	鱼肉香气消失,鱼腥味浓Fish smell disappeared, strong fishy smell	鱼腥味难以接受Fishy smell is unacceptable
滋味Taste	鱼肉固有的鲜味浓,回味甘甜The inherent umami flavour of fish is stronger and the aftertaste is sweet	鱼肉固有的鲜味较浓,回味甜The inherent umami flavour of fish is strong and the aftertaste is sweet	鱼肉固有的鲜味较淡,有回味The inherent umami flavour of fish is light and has an aftertaste	鱼肉固有的鲜味淡,无回味The inherent umami flavour of fish is lighter and has not an aftertaste	鱼肉无鲜味,无回味The fish has not interent umarni flavour and aftertaste
色泽Colour	鱼片色泽白或透明,断面光泽自然Fillets are white or transparent in color, with natural luster in section	鱼肉色泽白,断面光泽淡The fish flesh is white in color and the section is light in luster	鱼肉色泽暗淡,断面无光泽The color of the fish is dull and the section is dull	鱼肉呈灰色、淡黄色或淡红色The fish flesh is gray, light yellow or light red	鱼肉呈暗灰色、黄色或红色The fish flesh is dark gray, yellow or red
质地Texture	鱼肉嫩滑紧致,有弹性The fish is firmer, smooth and more elastic	鱼肉较紧致,有弹性The fish is firm and elastic	鱼肉粗糙或松散,弹性弱The fish is rough or loose, weak elasticity	鱼肉较硬或软烂,无弹性The fish is hard or soft and no elasticity	鱼肉过硬或呈渣状The fish is too hard or slag-like

冻完全后, 准确称取5.00 g样品, 置于离心管中并加入25 mL 5%高氯酸溶液, 于冰浴中用高速分散均质机于8000 r/min均质两次, 每次20s。用同浓度的10 mL高氯酸洗涤均质机刀具两次, 洗液并入离心管中, 使用冷冻离心机于4℃ 1000 r/min离心10min后吸取上清液, 沉淀物用10 mL高氯酸重复洗涤3次。将上清液合并后, 用NaOH调节pH为6.5, 用高纯水定容至100 mL后经0.22 μm滤膜过滤, 取1 mL置于液相进样瓶中待测。含量测定采用超高效液相色谱进行测定, 主要技术参数参照安玥琦^[19]的方法。

甜菜碱含量的测定 采用雷氏盐沉淀法^[22, 23]。甜菜碱标准曲线的制作: 将甜菜碱标准溶液(1 mg/mL)配置为0.1、0.2、0.3、0.4、0.5和0.6 mg/mL的浓度梯度, 与样品在相同的条件下测定, 将所得吸光值 and 对应浓度做标准曲线, 回归方程为 $y=0.4960x + 0.0274(R^2=0.9995)$ 。

滋味特征分析 参考韩剑众等^[24]的方法, 采用Alpha Mos(法国)Astree滋味分析仪(电子舌进行)进行测定。

1.4 数据处理

采用Excel软件和SPSS 22.0软件对数据进行整理和方差分析, 采用Origin 9.0作图; 电子舌数据采用仪器自带软件Alpha Soft V14分析。实验结果均用平均值±标准差(Mean±SEM, $n=3$)表示, 显著性差异检测限 P 取0.05。

2 结果

2.1 不同微流水处理时间对鳊鱼肌肉中基本营养成分的影响

由表2可知, 鳊鱼肌肉中水分含量在微流水处理后下降, 但处理2d、4d、6d、8d和10d的水分含量无显著差异($P>0.05$); 粗蛋白含量在处理过程中

表2 不同微流水处理时间对鳊鱼肌肉主要营养成分的影响

Tab. 2 Effect of micro-flow water treatment time on nutrition composition in bighead carp muscle

处理时间 Time (d)	水分Moisture (g/100 g, wb)	粗蛋白Protein (g/100 g, wb)	粗脂肪Lipid (g/100 g, wb)	灰分Ash (g/100 g, wb)
0	79.75±0.23 ^a	17.86±0.41 ^a	1.37±0.02 ^a	1.03±0.02 ^c
2	79.60±0.27 ^{ab}	18.12±0.32 ^a	1.29±0.06 ^{ab}	1.07±0.03 ^{bc}
4	79.49±0.23 ^{ab}	17.97±0.32 ^a	1.22±0.05 ^{ab}	1.21±0.04 ^a
6	79.42±0.20 ^b	18.27±0.23 ^a	1.22±0.08 ^{ab}	1.11±0.05 ^b
8	79.49±0.22 ^{ab}	18.16±0.28 ^a	1.18±0.10 ^b	1.10±0.05 ^b
10	79.55±0.22 ^{ab}	18.08±0.26 ^a	0.92±0.16 ^c	1.24±0.07 ^a

注: 同一列相同右上角含有不同英文上标字母表示有显著差异($P<0.05$); 下同

Note: Different letters in the same column represent significant differences ($P<0.05$). The same applies below

无显著变化($P>0.05$); 随着微流水处理时间的延长, 粗脂肪含量呈现下降趋势, 处理10d时降到最低, 较未处理组降低了32.84%; 灰分含量在整个处理过程中有所波动, 但整体呈现上升趋势, 在处理10d时含量达到最高, 相比未处理组增加了20.39%。

2.2 不同微流水处理时间下鳊鱼肌肉的感官评分

由表3可知, 随着处理时间的延长, 鳊鱼肌肉的气味和滋味得分呈现先上升后下降的趋势, 均在处理6d时得分最高($P<0.05$), 且处理8d后得分无显著变化($P>0.05$); 色泽和质地得分在处理6d时显著高于未处理组, 处理8d时得分均有所下降且与处理10d时的得分无显著差异($P>0.05$)。由此可知, 微流水处理6d能显著提高鳊鱼肌肉的感官品质。

表3 鳊鱼肌肉在不同微流水处理时间下的感官评分

Tab. 3 Sensory scores of bighead carp muscle under different micro-flow water treatment time

处理时间 Time (d)	气味 Odour	滋味 Taste	色泽 Colour	质地 Texture	总体得分 Total score
0	5.71±1.11 ^c	5.14±0.90 ^c	7.14±0.69 ^{bc}	5.14±0.90 ^c	5.61±0.43 ^d
2	6.71±0.95 ^b	6.43±0.79 ^b	6.00±1.00 ^c	5.43±2.51 ^{bc}	6.20±0.94 ^{cd}
4	6.86±0.69 ^b	7.14±0.90 ^{ab}	6.71±1.38 ^{bc}	6.71±0.95 ^{abc}	6.89±0.42 ^{bc}
6	8.00±1.15 ^a	7.86±1.35 ^a	8.71±0.76 ^a	7.71±1.25 ^a	7.99±1.01 ^a
8	7.29±0.76 ^{ab}	7.00±1.15 ^{ab}	7.29±0.76 ^b	6.86±1.57 ^{abc}	7.09±0.47 ^b
10	7.14±0.69 ^{ab}	7.00±1.15 ^{ab}	7.00±1.29 ^{bc}	7.14±1.07 ^{ab}	7.08±0.33 ^b

2.3 不同微流水处理时间对鳊鱼肌肉游离氨基酸含量的影响

由表4结果可知, 随着处理时间的延长, 游离氨基酸总量先增加后减小, 在第6天时取得最大值($P<0.05$), 相比未处理组增加了17.74%; 鲜味氨基酸含量呈现增加的趋势, 处理10d时含量最高且显著高于未处理组($P<0.05$), 天冬氨酸和谷氨酸的含量均随处理时间的延长而显著增加($P<0.05$), 且在处理时间超过8d后不再显著变化。

甜味氨基酸含量在处理过程中呈现先增加后降低的趋势, 处理6d时含量最高, 相比未处理组增加了39.45%, 主要表现为苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸和赖氨酸含量的显著增加, 其中脯氨酸含量在处理过程中有所波动, 但整体呈现下降的趋势, 在处理10d时相比未处理组降低了64.70%。

苦味氨基酸含量呈现降低的趋势, 处理4d时含量显著降低($P<0.05$), 其中缬氨酸在整个处理过程中含量无显著变化; 精氨酸含量呈现先增加后降低的趋势, 处理6d时含量达到最高, 处理时间超过8d后含量不再显著变化; 组氨酸含量随处理时间的

延长而逐渐降低,处理10d时其值降至最小($P<0.05$)。

酸味氨基酸含量也呈现下降的趋势,处理10d时含量最低($P<0.05$),相比未处理组降低了32.17%,主要表现为组氨酸含量的显著降低,处理10d时组氨酸含量相比未处理组降低了37.50%。

2.4 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉脂肪酸含量的影响

如表5所示,在鳙鱼肌肉中共检测出29种脂肪酸,包括13种饱和脂肪酸、6种单不饱和脂肪酸和10种多不饱和脂肪酸。在微流水处理后,鳙鱼肌肉中饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸总量显著下降,在微流水处理10d时分别较未处理组降低了41.87%、34.40%和18.16%。饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸下降程度最大,主要表现为棕榈酸、硬脂酸、油酸和芥酸等含量的显著降低;而在多不饱和脂肪酸中,亚油酸、二十二碳二烯酸和

DHA的含量显著上升,不饱和脂肪酸在脂肪酸中的组成比例也显著上升。

2.5 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉中核苷酸及其降解产物含量的影响

如表6所示,鳙鱼肌肉中肌苷酸(Inosine monophosphate, IMP)含量最高,其次是鸟苷酸(Guanosine monophosphate, GMP)含量。AMP含量在整个微流水处理过程中先增加后降低,处理6d时含量最高($P<0.05$),较未处理组增加了28%,进一步延长处理时间时则开始下降,但不再显著性变化;GMP和IMP含量分别在处理2d和4d时达到最高($P>0.05$),比未处理组分别增加了7.53%和1.52%;HxR含量在处理8d时显著降低,与未处理组相比降低了32.28%,而与处理10d时的含量无显著差异;Hx含量在处理过程中有所波动,但整体呈现下降的趋势,处理8d时含量最低,相比未处理组降低了8.45%。

表4 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉游离氨基酸含量的影响

Tab. 4 Effect of different micro-flow water treatment time on the content of free amino acids in bighead carp muscle

游离氨基酸 Free amino acid	含量Content (mg/100 g)					
	0	2d	4d	6d	8d	10d
天冬氨酸Asp	0.56±0.12 ^d	0.62±0.06 ^d	1.77±0.34 ^c	3.64±0.44 ^b	4.52±0.32 ^a	4.70±0.64 ^a
谷氨酸Glu	1.28±0.44 ^c	2.58±0.43 ^b	2.33±0.34 ^{bc}	2.72±0.07 ^b	5.06±1.34 ^a	4.94±0.17 ^a
苏氨酸Thr	7.17±0.57 ^b	10.68±0.73 ^a	10.70±0.87 ^a	12.10±0.56 ^a	6.84±1.33 ^b	8.34±0.99 ^b
丝氨酸Ser	7.42±0.74 ^d	10.10±0.51 ^c	13.36±0.84 ^b	16.37±0.71 ^a	12.96±1.02 ^b	12.71±2.97 ^b
甘氨酸Gly	111.22±3.78 ^c	125.91±6.06 ^b	143.57±9.93 ^a	128.31±4.73 ^b	131.13±5.20 ^b	128.41±6.91 ^b
丙氨酸Ala	27.74±0.83 ^d	34.59±1.98 ^c	40.90±3.00 ^b	50.35±2.00 ^a	45.54±1.56 ^{ab}	44.24±4.05 ^b
赖氨酸Lys	14.59±0.45 ^d	21.70±1.64 ^c	21.44±1.71 ^c	33.82±2.00 ^a	28.02±3.25 ^b	22.39±3.06 ^c
脯氨酸Pro	9.15±0.28 ^a	6.40±0.44 ^b	4.59±0.47 ^c	6.29±0.35 ^b	1.24±0.79 ^c	3.23±0.56 ^d
缬氨酸Val	7.01±0.23 ^a	6.90±0.36 ^a	6.97±0.54 ^a	7.84±0.24 ^a	6.57±2.03 ^a	6.86±0.61 ^a
蛋氨酸Met	1.72±0.05 ^c	2.18±0.17 ^b	2.28±0.28 ^b	2.30±0.11 ^b	2.39±0.30 ^{ab}	2.80±0.34 ^a
酪氨酸Tyr	2.54±0.31 ^c	3.13±0.32 ^{bc}	3.54±0.31 ^b	3.82±0.10 ^b	3.71±0.85 ^b	6.13±0.55 ^a
苯丙氨酸Phe	3.53±0.08 ^c	4.56±0.42 ^{ab}	4.92±0.58 ^{ab}	4.39±0.21 ^{abc}	4.06±0.55 ^{bc}	5.23±0.57 ^a
色氨酸Trp	0.43±0.22 ^c	0.66±0.14 ^{abc}	0.77±0.27 ^a	0.96±0.12 ^a	0.56±0.21 ^{bc}	0.92±0.13 ^{ab}
亮氨酸Leu	8.23±0.34 ^{ab}	7.71±0.53 ^{ab}	8.45±1.00 ^{ab}	9.07±0.36 ^a	4.68±1.32 ^c	7.41±0.35 ^b
异亮氨酸Ile	4.62±0.11 ^{ab}	4.79±0.31 ^a	4.70±0.39 ^{ab}	5.08±0.17 ^a	2.63±0.62 ^c	4.03±0.51 ^b
精氨酸Arg	2.41±0.10 ^c	4.61±0.33 ^b	4.92±0.41 ^b	7.14±0.40 ^a	0.19±0.70 ^d	0.17±0.01 ^d
组氨酸His	157.54±10.71 ^a	137.70±4.82 ^b	122.64±8.96 ^{bc}	138.12±7.31 ^b	117.30±6.67 ^c	98.47±13.10 ^d
氨基酸总量TFAA	367.17±12.05 ^b	384.79±11.93 ^b	397.85±29.28 ^{ab}	432.32±18.45 ^a	377.41±24.93 ^b	360.97±31.57 ^b
鲜味氨基酸UMAA	1.84±1.01 ^d	3.21±1.63 ^c	4.09±2.08 ^c	6.36±3.20 ^b	9.58±4.88 ^a	9.64±4.84 ^a
甜味氨基酸SWAA	177.30±6.23 ^d	209.37±11.28 ^c	234.56±16.77 ^{ab}	247.24±10.15 ^a	225.73±15.11 ^{ab}	219.32±15.76 ^b
苦味氨基酸BIAA	188.03±10.59 ^a	172.22±4.85 ^{ab}	159.20±12.20 ^b	178.72±8.81 ^{ab}	142.10±10.37 ^{cd}	132.02±15.62 ^d
酸味氨基酸SOAA	159.38±10.31 ^a	140.91±5.05 ^{bc}	126.74±9.33 ^c	144.48±6.94 ^{ab}	126.88±6.65 ^c	108.11±13.43 ^d

注:鲜味氨基酸包括天冬氨酸和谷氨酸;甜味氨基酸包括甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、赖氨酸和脯氨酸;苦味氨基酸包括蛋氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸和色氨酸;酸味氨基酸包括天冬氨酸、谷氨酸和组氨酸;“—”表示样品中未检测到该物质;下同

Note: Umami amino acids are Asp and Glu; sweetness amino acids are Gly, Ala, Ser, Thr, Lys and Pro; bitterness amino acids are Met, Val, Leu, Ile, Phe, Tyr, His, Arg and Trp; sourness amino acids are Asp, Glu and His; Different letters in the same row represent significant differences ($P<0.05$), “—” represents not detected in the samples. The same applies below

2.6 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉中甜菜碱含量的影响

甘氨酸甜菜碱俗称甜菜碱, 广泛分布于海产无脊椎动物的肌肉、生殖腺和内分泌腺等组织, 与渗透压的调节有关, 具有甜味和一定的鲜味, 并且还能增强厚味^[25, 26]。由图 1 可知, 甜菜碱含量随着处理时间的延长呈现先增加后降低的趋势, 处理 6d 时甜菜碱含量达到最高为 4.54 mg/g, 与未处理组相比增加了 50.16%, 处理 8d 时含量有所下降, 再进一步

延长处理时间则无显著变化($P>0.05$)。整体上处理后的鳙鱼肌肉中甜菜碱含量相较未处理组均显著增加, 能一定程度改善鳙鱼肌肉滋味品质。

2.7 滋味特征分析

为比较不同微流水处理时间下的鳙鱼肌肉滋味差异, 采用滋味分析仪(电子舌)进行测定。判别分析因子 DF 1 和 DF 2 的总贡献率达 98.69%, 说明电子舌各探头的判别分析结果能够反映鱼肉的整体滋味信息。由图 2 可以看出, 各处理组鳙鱼肌肉的

表 5 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉脂肪酸含量的影响

Tab. 5 Effect of micro-flow water treatment time on content of fatty acids in bighead carp muscle

脂肪酸 Fatty acid	含量 Content (mg/100 g)					
	0	2d	4d	6d	8d	10d
十一碳酸 C11:0	0.40±0.00 ^a	0.12±0.00 ^d	0.14±0.01 ^b	0.13±0.00 ^c	0.12±0.00 ^d	0.12±0.00 ^d
月桂酸 C12:0	2.76±0.01 ^a	1.51±0.00 ^b	1.31±0.00 ^c	1.11±0.01 ^d	1.05±0.05 ^c	0.84±0.00 ^f
十三碳酸 C13:0	1.50±0.00 ^a	0.85±0.02 ^b	0.78±0.00 ^c	0.56±0.00 ^c	0.58±0.01 ^d	0.40±0.00 ^f
肉豆蔻酸 C14:0	28.45±0.07 ^a	12.88±0.05 ^d	13.90±0.04 ^b	13.83±0.01 ^b	13.10±0.04 ^c	12.78±0.04 ^c
十五碳酸 C15:0	12.61±0.03 ^a	6.18±0.03 ^f	7.06±0.02 ^b	6.96±0.01 ^c	6.43±0.02 ^c	6.52±0.08 ^d
棕榈酸 C16:0	159.87±0.91 ^a	132.05±0.38 ^b	118.74±0.05 ^c	100.06±1.06 ^c	102.33±0.45 ^d	97.42±0.29 ^f
十七碳酸 C17:0	10.67±0.1 ^a	6.03±0.03 ^c	7.45±0.06 ^b	6.00±0.03 ^d	5.37±0.02 ^c	4.50±0.04 ^f
硬脂酸 C18:0	66.35±0.60 ^a	54.44±0.12 ^b	43.96±0.27 ^c	43.98±0.07 ^c	43.17±0.18 ^d	42.91±0.05 ^d
花生酸 C20:0	4.36±0.12 ^a	1.96±0.01 ^b	1.74±0.01 ^c	1.66±0.00 ^c	1.66±0.02 ^c	1.57±0.01 ^d
二十一碳酸 C21:0	0.56±0.01 ^a	0.23±0.00 ^d	0.29±0.00 ^b	0.23±0.00 ^d	0.27±0.00 ^c	0.21±0.01 ^c
二十二碳酸 C22:0	1.09±0.01 ^a	0.74±0.00 ^b	0.64±0.00 ^c	0.55±0.01 ^c	0.58±0.01 ^d	0.33±0.00 ^f
二十三碳酸 C23:0	—	—	—	—	—	0.27±0.02 ^a
二十四碳酸 C24:0	0.74±0.00 ^a	0.58±0.01 ^b	0.50±0.03 ^c	0.46±0.01 ^d	0.40±0.00 ^e	0.35±0.01 ^f
十五碳一烯酸 C15:1	—	—	—	—	—	0.74±0.02 ^a
棕榈油酸 C16:1	65.68±0.17 ^a	36.77±0.32 ^c	38.18±0.24 ^b	29.64±0.17 ^d	30.08±0.18 ^d	23.28±0.48 ^c
油酸 C18:1n9c	242.79±0.27 ^a	227.05±0.20 ^b	217.53±0.53 ^c	194.59±5.66 ^d	180.17±0.85 ^e	179.50±0.41 ^e
二十碳一烯酸 C20:1	23.75±0.16 ^a	19.71±0.08 ^b	17.05±0.15 ^c	16.12±0.07 ^d	13.09±0.12 ^c	12.91±0.09 ^c
芥酸 C22:1n9	50.64±0.18 ^b	49.54±0.38 ^c	50.66±0.21 ^b	51.14±0.19 ^a	32.29±0.15 ^c	34.90±0.11 ^d
二十四碳一烯酸 C24:1	2.56±0.01 ^a	2.06±0.00 ^b	2.03±0.01 ^c	1.69±0.01 ^d	1.52±0.02 ^f	1.54±0.01 ^e
亚油酸 C18:2n6c	184.02±0.21 ^c	173.56±0.32 ^f	185.83±0.51 ^d	225.13±0.75 ^a	212.30±0.24 ^b	201.32±0.68 ^c
二十碳二烯酸 C20:2	12.74±0.12 ^a	10.93±0.05 ^d	10.44±0.05 ^c	11.24±0.06 ^c	11.51±0.01 ^b	11.55±0.09 ^b
二十二碳二烯酸 C22:2	0.75±0.01 ^b	0.52±0.01 ^c	0.65±0.01 ^c	0.77±0.02 ^a	0.58±0.01 ^d	0.45±0.01 ^f
α-亚麻酸 C18:3n3	65.09±0.25 ^a	43.51±0.10 ^b	40.37±0.26 ^c	38.97±0.11 ^d	34.28±0.11 ^c	30.13±0.14 ^f
γ-亚麻酸 C18:3n6	2.09±0.01 ^a	1.95±0.01 ^b	1.26±0.01 ^d	1.37±0.01 ^c	1.02±0.01 ^c	0.87±0.01 ^f
二十碳三烯酸 C20:3n3	9.35±0.07 ^a	7.06±0.01 ^c	7.35±0.04 ^b	6.96±0.01 ^d	4.90±0.04 ^c	4.93±0.06 ^c
二十碳三烯酸 C20:3n6	11.97±0.01 ^a	11.57±0.03 ^b	11.35±0.03 ^{bc}	11.01±0.06 ^c	11.63±0.51 ^{ab}	11.43±0.10 ^b
花生四烯酸(ARA) C20:4n6	10.11±0.11 ^a	7.95±0.21 ^b	7.43±0.07 ^c	6.19±0.06 ^d	5.99±0.03 ^c	5.38±0.06 ^f
二十碳五烯酸(EPA) C20:5n3	88.44±0.18 ^a	65.23±0.13 ^b	53.46±0.06 ^c	50.19±0.18 ^d	41.99±0.18 ^c	39.92±0.25 ^f
二十二碳六烯酸甲酯(DHA) C22:6n3	77.64±0.19 ^c	76.16±0.15 ^c	83.76±0.31 ^a	83.03±0.10 ^b	76.88±0.15 ^d	72.31±0.53 ^f
总脂肪酸 TFA	1136.99±0.26 ^a	951.15±0.79 ^b	923.88±0.38 ^c	903.57±6.03 ^d	833.27±0.45 ^c	799.37±1.18 ^f
饱和脂肪酸 SFA	289.35±1.38 ^a	217.58±0.44 ^b	196.50±0.32 ^c	175.52±1.04 ^d	175.05±0.43 ^d	168.21±0.44 ^c
单不饱和脂肪酸 MUFA	385.43±0.21 ^a	335.13±0.63 ^b	325.46±0.46 ^c	293.18±5.99 ^d	257.14±0.85 ^c	252.86±0.81 ^c
多不饱和脂肪酸 PUFA	462.21±0.96 ^a	398.44±0.83 ^d	401.91±0.29 ^c	434.87±0.45 ^b	401.08±0.71 ^c	378.29±0.35 ^c
多不饱和脂肪酸占比 Proportion of PUFA (%)	40.65±0.09 ^c	41.89±0.06 ^d	43.50±0.05 ^c	48.13±0.11 ^a	48.13±0.11 ^a	47.32±0.08 ^b

表 6 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉中核苷酸及其降解产物含量的影响

Tab. 6 Effects of micro-flow water treatment time on the content of Nucleotides compounds in bighead carp muscle

处理时间 Time (d)	含量Content (μmol/g)						
	ATP	ADP	AMP	GMP	IMP	HxR	Hx
0	0.52±0.11 ^a	0.03±0.02 ^{ab}	0.25±0.03 ^b	5.71±0.60 ^a	7.87±0.25 ^a	1.27±0.04 ^a	0.71±0.06 ^a
2	0.52±0.04 ^a	0.04±0.01 ^a	0.31±0.03 ^{ab}	6.14±0.23 ^a	7.96±0.40 ^a	1.28±0.07 ^a	0.70±0.03 ^a
4	0.52±0.08 ^{ab}	0.03±0.01 ^{ab}	0.31±0.06 ^a	5.68±0.43 ^a	7.99±0.29 ^a	1.21±0.08 ^a	0.71±0.06 ^a
6	0.49±0.05 ^{abc}	0.04±0.01 ^a	0.32±0.04 ^a	5.77±0.42 ^a	7.74±1.05 ^a	1.22±0.04 ^a	0.71±0.11 ^a
8	0.42±0.02 ^{bc}	0.03±0.01 ^{ab}	0.27±0.03 ^{ab}	5.60±0.37 ^a	7.80±0.26 ^a	0.86±0.07 ^b	0.65±0.02 ^a
10	0.41±0.03 ^c	0.02±0.01 ^b	0.31±0.01 ^{ab}	5.36±0.75 ^a	7.79±0.22 ^a	0.89±0.05 ^b	0.69±0.02 ^a

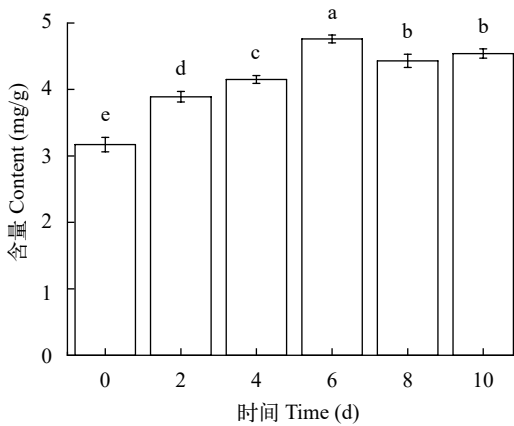


图 1 不同微流水处理时间对鳙鱼肌肉中甜菜碱含量的影响

Fig. 1 The effect of different micro-flow water treatment time on the betaine content of bighead carp muscle

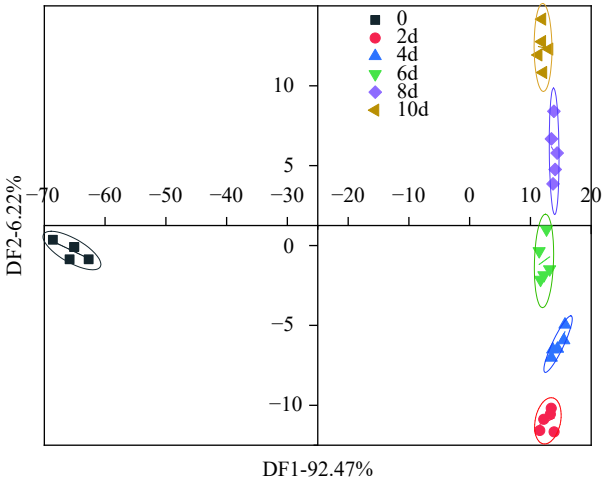


图 2 不同微流水处理时间下鳙鱼肌肉滋味特征的判别因子分析
Fig. 2 Discriminant factor analysis on e-tongue signal of bighead carp muscle at different micro-flow water treatment times

椭圆表示同组样本的置信区间($P<0.05$)

Ellipse represents confidential interval for each group of samples ($P<0.05$)

滋味特征有明显差异,说明微流水处理能显著改变鳙鱼肌肉的滋味特征。

电子舌二代探头能模拟人的味觉细胞,可分析样品的酸味、苦味、咸味、鲜味和甜味^[27]。由图 3 可看出,随着处理时间的延长,呈酸味和咸味的探头响应值显著降低($P<0.05$);呈鲜味和甜味的探头响应值先增加后降低,均在处理6d时达到最大值($P<0.05$);呈苦味探头响应值在处理过程中先降低后增加,并在处理6d时降至最低($P<0.05$)。故短时微流水处理可改善鳙鱼肌肉滋味特征,并且,在微流水处理6d时,鳙鱼肌肉的甜味和鲜味高,苦味低,具有较高的滋味品质。感官评分结果(表 2)也表明随着处理时间的延长,鳙鱼肌肉滋味得分呈现先上升后下降的趋势,在处理6d时得分最高,且处理8d后得分无显著变化,这一变化趋势与电子舌结果一致。

2.8 滋味物电子质与舌响应值相关性分析

为探究短时微流水处理后鳙鱼肌肉滋味特征变化与滋味物质之间的关联,故将电子舌各探头响应值与各滋味物质的含量进行相关性分析(表 7)。HxR 含量与AHS、CTS和SCS探头响应值呈显著正相关;IMP 含量与ANS探头响应值呈显著正相关。甜味氨基酸含量与CTS、NMS、ANS和SCS探头

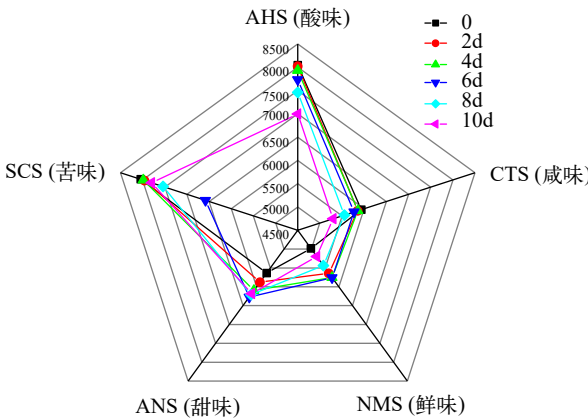


图 3 不同微流水处理时间下鳙鱼肌肉电子舌传感器响应值雷达图

Fig. 3 Radar chart of electronic tongue sensor to bighead carp muscle at different micro-flow water treatment times

响应值呈显著相关性; 鲜味氨基酸、苦味氨基酸、酸味氨基酸、单不饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸与各个探头响应值呈现显著相关性。饱和脂肪酸和甜菜碱与AHS、CTS、NMS和ANS四个探头响应值呈显著相关性。

3 讨论

游离氨基酸、脂肪酸、核苷酸及其降解产物和甜菜碱是影响鳙鱼肌肉滋味品质的主要成分。游离氨基酸是鱼贝虾等水产品中重要的呈味物质, 谷氨酸和天冬氨酸呈鲜味, 苏氨酸、甘氨酸和丙氨酸等具有甜味, 而组氨酸和亮氨酸则呈苦味等不良风味, 同时游离氨基酸在热加工时自降解、参与美拉德反应等影响肉的风味品质^[28—30]。在微流水处理过程中, 鳙鱼肌肉中游离氨基酸含量呈现先增加后降低的趋势, 并在处理6d时含量最高, 这一变化趋势与吕昊^[13]研究微流水处理鲫鱼时游离氨基酸含量变化一致。这说明处理时间过长反而不利于提升鳙鱼肌肉滋味品质。脂质是重要的风味前体物质, 鳙鱼在微流水处理过程中脂质代谢分解产生短链脂肪酸可能影响其滋味品质, 如亚油酸可能产生油脂味或温和的甜味, 而脂肪酸进一步代谢生成的短链有机酸如己酸和辛酸则可能分别给肉类带来辛辣味和干酪味^[31]。鳙鱼肌肉中游离脂肪酸含量呈现降低的趋势, 但不饱和脂肪酸含量所占比例却有上升, 吕昊^[13]研究微流水处理鲫鱼时其肌肉中脂肪酸的组成也发现了类似的结果, 其研究结果表

明处理9d时鲫鱼主要利用了饱和脂肪酸, 而不饱和脂肪酸组成比例有所上升; Palmeri等^[6]研究发现在17℃停饵处理2周后鳙鱼肌肉中各类脂肪酸含量无显著变化, 部分多不饱和脂肪酸含量增加。鳙鱼在微流水处理过程中处于饥饿状态, 三磷酸腺苷(Adenosine triphosphate, ATP)含量有所降低。核苷酸及其降解产物影响鱼蟹类的口感和风味, AMP、IMP和GMP是鲜味的主要成分, 可增强鱼蟹类的鲜味, HxR和Hx能使鱼肉产生苦味, 影响鱼肉的滋味和口感^[32, 33]。在处理后的鳙鱼肌肉中, AMP、IMP和GMP含量有所增加, HxR和Hx含量有所降低, 对改善滋味品质起一定作用。这与杨文鸽等^[25]研究缙蛭冰藏初期ATP含量下降结果一致。陈周^[12]对草鱼进行微流水处理时发现草鱼鱼肉中IMP含量呈现先增加后降低的趋势, 与本试验结果趋势一致。鳙鱼肌肉中甜菜碱含量在处理过程中先增加后降低。缙蛭在冰藏期间甜菜碱含量也先增加后降低^[25]。

电子舌各探头响应值与各滋味物质的含量的相关性说明微流水处理过程中核苷酸、游离氨基酸、脂肪酸和甜菜碱含量的变化显著影响了鳙鱼肌肉滋味品质。IMP具有鲜味, 并且能够抑制可能存在的苦味、油脂味和硫磺味等, HxR具有苦味。赵辉等^[34]对新鲜海鳗的风味物质进行测定分析后发现IMP对海鳗的鲜味有重要贡献, 肌肉中IMP的含量高达7.15 μmol/g。在本试验中鳙鱼肌肉中IMP含量与ANS探头响应值呈显著正相关, HxR含量与AHS、CTS、SCS探头响应值呈显著正相关,

表 7 滋味物质与电子舌响应值相关性分析

Tab. 7 Correlation analysis between the content of taste compounds and electronic tongue response value of bighead carp muscle

滋味物质 Taste compound	电子舌探头Electronic tongue probe				
	AHS (酸味)	CTS (咸味)	NMS (鲜味)	ANS (甜味)	SCS (苦味)
Hx	0.110	0.121	-0.060	-0.142	0.083
HxR	0.718**	0.719**	-0.090	-0.562**	0.460*
AMP	-0.095	-0.173	0.380	0.255	0.117
IMP	0.396	0.357	0.098	0.408*	0.173
GMP	0.385	0.291	0.028	-0.246	0.178
鲜味氨基酸UMAA	-0.861**	-0.700**	0.668**	0.877**	-0.580*
甜味氨基酸SWAA	-0.195	-0.693**	0.794**	0.484*	-0.022
苦味氨基酸BIAA	0.757**	0.563*	-0.511*	-0.715**	0.652**
酸味氨基酸SOAA	0.720**	0.686**	-0.570*	-0.723**	0.697**
饱和脂肪酸SFA	0.599**	0.830**	-0.827**	-0.776**	0.406
单不饱和脂肪酸MUFA	0.808**	0.759**	-0.727**	-0.869**	0.556*
多不饱和脂肪酸PUFA	0.580*	0.606**	-0.504*	-0.552*	0.594**
甜菜碱Betaine	-0.563*	-0.834**	0.825**	0.782**	-0.346

注: “*”在 0.05 级别(双尾), 相关性显著; “**”在 0.01 级别(双尾), 相关性显著
Note: “*”represents significant differences ($P<0.05$), “**”represents significant differences ($P<0.01$)

而与ANS探头响应值呈显著负相关。游离氨基酸的存在与肉产品滋味有很大关系,如谷氨酸、天门冬氨酸、丙氨酸和甘氨酸等游离氨基酸不仅直接形成滋味,而且还是很多风味物质的前体物质^[35,36]。本试验中脂肪酸含量与鳙鱼滋味特征变化显著相关,可能是鳙鱼在微流水处理过程中消耗脂肪分解代谢产生的游离脂肪酸,脂肪酸进一步分解生成的醛类、酸类和酮类等起到呈味作用^[37],如己酸和辛酸则可能分别给肉类带来辛辣味和干酪味^[31]。李婉君^[23]比较南极磷虾和南美白对虾的滋味成分时发现甜菜碱为赋予虾肉鲜甜味的直接贡献者,而本试验中甜菜碱含量与电子舌NMS和ANS探头呈显著正相关,与该试验结果一致。

故短时微流水处理可改善鳙鱼肌肉滋味品质,在处理6d时效果最佳。并且IMP、HxR、游离氨基酸、脂肪酸和甜菜碱为主要滋味贡献物质。同时,在微流水处理过程中鳙鱼主要消耗脂肪提供能量,对粗蛋白含量无显著影响且灰分含量增加,不会降低鳙鱼肌肉营养价值。

参考文献:

- [1] Fisheries and Fisheries Administration of the Ministry of Agriculture. China Fishery Statistics Yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020: 17-34. [农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2020: 17-34.]
- [2] Hong H. Fatty acid profile, quality changes and controlling technology of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) during storage [D]. Beijing: China Agricultural University Library, 2015: 12-20. [洪惠. 鳙鱼脂肪酸组成及贮藏过程中品质变化规律与控制技术的研究 [D]. 北京: 中国农业大学图书馆, 2015: 12-20.]
- [3] Li Z H, Ma H K, Zhang P, *et al.* Effects of density stress on the growth of *Exopalaemon carinicauda* and the ammonia nitrogen content in aquaculture water during culturing [J]. *Marine Fisheries*, 2018(5): 72-77. [李志辉, 马杭柯, 张培, 等. 不同养殖密度对脊尾白虾生长和水体氨氮含量的影响 [J]. 海洋渔业, 2018(5): 72-77.]
- [4] Li G, Wu Z B, Hou Y S. Perspective of bio-eco remediation technology for ammonia removal from intensive aquaculture waters [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2004, 19(4): 281-286. [李谷, 吴振斌, 侯燕松. 养殖水体氨氮污染生物修复技术研究 [J]. 大连海洋大学学报, 2004, 19(4): 281-286.]
- [5] Saadoun I, Schrader K K, Blevins W T. Identification of geosmin as a volatile metabolite of *Anabaena* sp. [J]. *Journal of Basic Microbiology*, 2001, 41(1): 51-55.
- [6] Palmeri G, Turchini G M, Caprino F, *et al.* Biometric, nutritional and sensory changes in intensively farmed Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*, Mitchell) following different purging times [J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(4): 1605-1615.
- [7] Davidson J, Schrader K, Ruan E, *et al.* Evaluation of depuration procedures to mitigate the off-flavor compounds geosmin and 2-methylisoborneol from Atlantic salmon *Salmo salar* raised to market-size in recirculating aquaculture systems [J]. *Aquacultural Engineering*, 2014(61): 27-34.
- [8] Guo X D, Lü H, Liu R, *et al.* Effect of depuration treatment before processing on the flesh quality of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) [J]. *Meat Research*, 2018, 32(12): 1-7. [郭晓东, 吕昊, 刘茹, 等. 加工前净化处理对团头鲂肌肉品质的影响 [J]. 肉类研究, 2018, 32(12): 1-7.]
- [9] Lü H, Hu W H, Xiong S B, *et al.* Depuration and starvation improves flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. *Aquaculture Research*, 2018, 49(9): 3196-3206.
- [10] Hu W H, Lü H, Fan Q X, *et al.* Influence of the purification time in micro-water purification aquaculture system on the meat quality of *Aritichthys nobles* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, 43(5): 1056-1061. [胡伟华, 吕昊, 樊启学, 等. 净化时间对微流水系统中鳙鱼品质影响的研究 [J]. 水生生物学报, 2019, 43(5): 1056-1061.]
- [11] 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肉质品质的提升作用 [J]. 水产学报, 2020, 44(7): 1198-1210.]
- [12] Chen Z. Quality improvement of short-time micro-flow water treatment on the flesh of grass carp cultured in a pond [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2020: 7-35. [陈周. 短时间微流水处理对池塘养殖草鱼肉质品质的提升作用 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2020: 7-35.]
- [13] Lü H. Studies on fresh quality improvement of freshwater fish by depuration with its metabolomic mechanism [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2018: 44-82. [吕昊. 微流水处理对淡水鱼的品质提升作用及其机制研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2018: 44-82.]
- [14] Guo X D. Quality improvement of circulating water starvation treatment on the muscle of blunt snout bream [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019: 12-36. [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: 12-36.]
- [15] Ministry of Health of the People's Republic of China. National Food Safety Standards Determination of Moisture in Foods [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-2. [中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品中水分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-2.]

- [16] Ministry of Health of the People's Republic of China. National Food Safety Standards Determination of Ash in Foods [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017: 1-3. [中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016: 1-3.]
- [17] Ministry of Health of the People's Republic of China. National Food Safety Standards Determination of Protein in Foods [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016: 1-7. [中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-7.]
- [18] Folch J, Lees M, Stanley G H S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues [J]. *Journal of Biological Chemistry*, 1957(226): 498-500.
- [19] An Y Q. Mechanism of flavor release affected by cross-linking structure in surimi gels [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2020: 120-134. [安玥琦. 鱼糜凝胶的交联结构对风味释放的影响与机制 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2020: 120-134.]
- [20] Zhang W W, Lu J F, Jiao D L, *et al.* Extraction of fish oil from viscera of channel catfish through potassium-method [J]. *Food Science*, 2009, **30**(24): 42-46. [张伟伟, 陆剑锋, 焦道龙, 等. 钾法提取斑点叉尾鲷内脏油的工艺研究 [J]. *食品科学*, 2009, **30**(24): 42-46.]
- [21] Liu J K. Flavor character of silver carp and the influence of heating history on the silver carp flavor [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2009: 53-104. [刘敬科. 鲢鱼风味特征及热历史对鲢鱼风味的影响 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2009: 53-104.]
- [22] Zhang N L. Research on the taste characteristic components and flavor peptides of bred puffer fish [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019: 27-53. [张宁龙. 养殖河鲀鱼特征性滋味组分及呈味肽的研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2019: 27-53.]
- [23] Li W J. Nutritional and flavor components analysis of Antarctic krill and white shrimp [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015: 44-46. [李婉君. 南极磷虾与南美白对虾营养与滋味成分比较 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2015: 44-46.]
- [24] Han J Z, Huang L J, Gu Z Y, *et al.* Evaluation of fish quality and freshness based on the electronic tongue [J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2008, **24**(12): 141-144. [韩剑众, 黄丽娟, 顾振宇, 等. 基于电子舌的鱼肉品质及新鲜度评价 [J]. *农业工程学报*, 2008, **24**(12): 141-144.]
- [25] Yang W G, Xu D L, Sun C L, *et al.* Changes of taste components in *Sinonovacula constricta* during iced storage-keeping alive [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2009, **9**(3): 181-186. [杨文鸽, 徐大伦, 孙翠玲, 等. 缢蛏冰藏保活期间呈味物质的变化 [J]. *中国食品学报*, 2009, **9**(3): 181-186.]
- [26] Cui Y H, Huang X Q. Determination of betaine content and research on industrial preparation methods [J]. *Live-stock and Poultry Industry*, 2002(6): 38-40. [崔艳红, 黄现青. 甜菜碱含量测定与工业制备方法研究 [J]. *畜禽业*, 2002(6): 38-40.]
- [27] Wu R M, Zhao J W, Chen Q S, *et al.* Quality assessment of green tea taste by using electronic tongue [J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2011, **27**(11): 378-381. [吴瑞梅, 赵杰文, 陈全胜, 等. 基于电子舌技术的绿茶滋味品质评价 [J]. *农业工程学报*, 2011, **27**(11): 378-381.]
- [28] Chang Y N, Zhao G M, Liu Y X, *et al.* Changes of free amino acids in chicken and its broth during cooking [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, **35**(9): 333-337, 342. [常亚楠, 赵改名, 柳艳霞, 等. 煮制对鸡肉及汤汁中游离氨基酸的影响 [J]. *食品工业科技*, 2014, **35**(9): 333-337, 342.]
- [29] Zhao J, Ding Q, Sun Y, *et al.* Comparison of taste compounds and taste characteristics of shiitake mushroom soup and enzymatic hydrolysate [J]. *Food Science*, 2016, **37**(24): 99-104. [赵静, 丁奇, 孙颖, 等. 香菇菌汤及酶解液中滋味成分及呈味特性的对比分析 [J]. *食品科学*, 2016, **37**(24): 99-104.]
- [30] Wang H, Shi W Z, Wu X G, *et al.* Comparison of flavor quality in gonads and meat of female *Portunus trituberculatus* cultured at different water temperatures [J]. *Food Science*, 2016, **37**(18): 84-90. [王慧, 施文正, 吴旭干, 等. 不同温度养殖的雌体三疣梭子蟹性腺和蟹肉风味品质比较 [J]. *食品科学*, 2016, **37**(18): 84-90.]
- [31] Madruga M S, Elmore J S, Oruna-Concha M J, *et al.* Determination of some water-soluble aroma precursors in goat meat and their enrolment on flavour profile of goat meat [J]. *Food Chemistry*, 2010, **123**(2): 513-520.
- [32] Hu Q J, Zhu J Q, Chen C J, *et al.* Study on the change of flavor nucleotide during the process of Taihu crab processing [J]. *Food Research and Development*, 2017, **38**(22): 102-104, 171. [胡奇杰, 朱佳茜, 陈褚建, 等. 太湖蟹加工过程中呈味核苷酸变化规律研究 [J]. *食品研究与开发*, 2017, **38**(22): 102-104, 171.]
- [33] Ouyang F F, Wang J H, Chen Q, *et al.* Study on dynamics of ATP-related compounds and freshness of grass carp muscles of during storage [J]. *Food and Machinery*, 2016, **32**(3): 137-140, 159. [欧阳芳芳, 王建辉, 陈奇, 等. 草鱼贮藏期间肌肉ATP关联物及K值的动态变化 [J]. *食品与机械*, 2016, **32**(3): 137-140, 159.]
- [34] Zhao H, Xu D L, Zhou X Y, *et al.* Analysis of nutritional and flavor compounds in fresh *Muraenesox cinereus* muscle [J]. *Food Science*, 2010, **31**(20): 278-281. [赵辉, 徐大伦, 周星宇, 等. 新鲜海鳗营养成分及其风味物质分析 [J]. *食品科学*, 2010, **31**(20): 278-281.]
- [35] Ma Z Y, Cao R L, Meng D X. The effect of Chinese herbal medicine superfine powder additives on the content of flavored amino acids in pork [J]. *Swine Production*, 2019(5): 51-52. [马政禹, 曹日亮, 孟冬霞. 中草药超微粉添加剂对猪肉中呈味氨基酸含量的影响 [J]. *养猪*, 2019(5): 51-52.]

- [36] Sun Y W, Zhang X Y, Zhang X H, *et al.* Composition and analysis of amino acids in different parts muscle of Xinjiang brown cattle [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 2010, **33**(4): 299-302. [孙亚伟, 张笑莹, 张晓红, 等. 新疆褐牛不同部位肌肉氨基酸组成及分析 [J]. *新疆农业大学学报*, 2010, **33**(4): 299-302.]
- [37] Sun C F, Zhou N, Zhu L, *et al.* Changes in free fatty acid, free amino acid, and nucleotide content during preparation of stewed pork [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, **32**(6): 200-206. [孙承锋, 周楠, 朱亮, 等. 卤猪肉加工过程中游离脂肪酸、游离氨基酸及核苷酸变化分析 [J]. *现代食品科技*, 2016, **32**(6): 200-206.]

THE EFFECT OF SHORT-TERM MICRO-FLOW WATER TREATMENT ON THE MUSCLE TASTE QUALITY OF BIGHEAD CARP CULTURED IN PONDS

GAO Qin¹, AN Yue-Qi^{1,2}, CHEN Zhou¹ and XIONG Shan-Bai^{1,2}

(1. College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. National Research and Development Sub-center for Bulk Freshwater Fish Processing Technology (Wuhan), Wuhan 430070, China)

Abstract: In order to explore the effect of short-term micro-flow water treatment on the muscle taste quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) cultured in ponds, the micro-flow device was used to treat bighead carp in ponds. The treatment times were set as 0, 2d, 4d, 6d, 8d, and 10d. The contents of moisture, protein, lipid, ash, free amino acids, free fatty acids, nucleotides and betaine, and the sensory analysis of the treated bighead carp muscle were determined to get an appropriate treatment time. The results showed that with the extension of the micro-flow water treatment time, the total free amino acid content, adenosine monophosphate content, and betaine content in the bighead carp muscle increased first and then decreased, and the contents of them were the highest at the 6th day of the treatment. While the content of lipid, the total free fatty acid, hypoxanthine riboside (HxR), and hypoxanthine (Hx) gradually decreased. The content of protein showed no significant change during the treatment. Taste analyzer (electronic tongue) and sensory analysis showed that the micro-flow water treatment significantly improved the umami and sweet taste of bighead carp muscle, and reduced the saltiness, bitterness, and fishy taste. In addition, the sensory score of the taste of bighead carp muscle was the highest at the 6th day of treatment. Therefore, the short-term micro-flow water treatment could significantly improve the muscle taste quality of bighead carp without reducing the nutritional quality, and the appropriate treatment time was 6 days.

Key words: Bighead carp; Muscle; Micro-flow water treatment; Taste compounds; Sensory analysis