

生态净养和传统养殖乌鳢的营养品质研究

王 扬¹, 许晓军¹, 丁雪燕¹, 高玲娜¹, 周以琳¹, 沈 清², 沈水娥³,
周 钦¹, 陈刘浦¹, 吴洪喜^{1*}

(1. 浙江省水产技术推广总站, 杭州 310023;

2. 浙江工商大学 海洋食品研究院, 杭州 310012; 3 德清县农业技术推广中心, 湖州 313200)

摘 要: 目的 为了比较生态净养和传统养殖的乌鳢营养品质。**方法** 测定生态净养和传统池塘养殖 2 组乌鳢肌肉中蛋白质、脂肪、矿物质和氨基酸等营养成分, 并通过生物特性、感官评价、风味物质测定比较其品质和营养价值。**结果** 生态净养组肥满度($P<0.05$)、水分、粗脂肪($P<0.01$)、Fe、Cu、Zn、P 等矿物元素均高于传统池塘组; 2 组均检测出 17 种氨基酸, 生态净养组的必需氨基酸、鲜味氨基酸含量普遍高于传统池塘组; 在穿刺模式下, 生态净养组的硬度、弹性、破裂强度均高于传统池塘组, 差异极显著($P<0.01$); 触碰模式中, 生态净养组的硬度、咀嚼性、回复性高于传统池塘组, 差异显著($P<0.05$); 生态净养组的挥发性气味物质与五点快感评价法也总体高于传统池塘组。**结论** 生态净养组品质特性更佳, 更符合消费者的需求, 有良好市场前景。

关键词: 乌鳢; 生态净养养殖; 营养成分; 氨基酸; 质构特征; 感官评价

Study on nutritional quality of black snake in ecological purification culture and traditional pond

WANG Yang¹, XU Xiao-Jun¹, DING Xue-Yan¹, GAO Ling-Na¹, ZHOU Yi-Lin¹, SHEN Qing²,
SHEN Shui-E³, ZHOU Qin¹, CHEN Liu-Pu¹, WU Hong-Xi^{1*}

(1. Zhejiang Aquatic Product Technology Promotion General Station, Hangzhou 310023, China;

2. Marine Food Research Institute of Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310012, China;

3. Zhejiang Agricultural Technology Extension Centre of Deqing County, Huzhou 313200, China)

ABSTRACT: Objective To compare the nutritional quality of black snake between ecological purification culture and traditional pond. **Methods** Protein, fat, minerals and amino acids in the muscles of black snake were determined in the two groups of ecological purification and traditional pond. Their quality and nutritional value were compared by biological characteristics, sensory evaluation and flavoring substance determination. **Results** The mineral elements such as fertilizer fullness ($P<0.05$), water content, crude fat ($P<0.01$), Fe, Cu, Zn and P in the ecological purification group were all higher than those in the traditional pond group. Seventeen kinds of amino acids were detected in both groups, and the contents of essential amino acids and umami amino acids in the ecological purification group were generally higher than those in the traditional pond group. In the puncture mode, the hardness, elasticity and rupture strength of the ecological purification group were all higher than those of the traditional pond

基金项目: 浙江省“三农六方”科技协作项目(CTZB-F190625LWZ-SNY1)

Fund: Supported by Zhejiang Province “three agriculture six party” Science and Technology Cooperation Project (CTZB-F190625LWZ-SNY1)

*通讯作者: 吴洪喜, 博士, 研究员, 主要研究方向为水产养殖技术。E-mail: 1752315020@qq.com

*Corresponding author: WU Hong-Xi, Ph.D, Professor, Zhejiang Aquatic Product Technology Promotion General Station, Hangzhou 310023, China. E-mail: 1752315020@qq.com

group, with extremely significant differences ($P<0.01$). In the touch mode, the hardness, mastication and resilience of the ecological purification group were higher than those of the traditional pond group, with significant differences ($P<0.05$). The volatile odor substances and the five-point pleasure evaluation method in the ecological purification group were also generally higher than those in the traditional pond group. **Conclusion** The ecological purification group has better quality characteristics, more in line with the needs of consumers, and has a good market prospect.

KEY WORDS: black snake; ecological purification farming; nutrient content; amino acid; texture feature; sensory evaluation

1 引 言

乌鳢, 又称鲮鱼、黑鱼、生鱼、蛇头、火头等, 是一种广泛分布于非洲热带、亚洲等淡水流域的一种食肉淡水鱼, 被誉为“鱼中的珍品”^[1]。鱼肉的蛋白质含量高, 肉质鲜嫩, 味道鲜美, 骨刺少, 具有活血化瘀和滋补等功能, 营养价值和药用功效均较为突出^[2,3]。在浙江乌鳢养殖历史悠久, 深受消费者喜爱, 市场需求量很大。

近几十年, 我国乌鳢育种养殖技术不断发展, 但随着渔业养殖环境的退化, 养殖密度提升从而使其鱼肉的品质下降。对淡水鱼养殖来说, 不同的饵料、养殖环境、苗种的选择影响着其肌肉中的营养成分、品质和风味等^[4-6]。国内外对于乌鳢营养品质的研究主要集中在不同饲料养殖方式的比较, 陈小芳等^[7]对比了全程饲料喂养、冰鲜鱼、动物内脏(鸡肝、鸭肝)等饲料养殖后营养物质的变化, 但不同养殖方式对于乌鳢营养品质的影响方面的研究较少。

本研究通过测定生态净养和传统养殖乌鳢体形、水分、灰分、粗蛋白质、粗脂肪、氨基酸、矿物质元素、风味物质及质构特征等指标, 对 2 种养殖模式的乌鳢营养品质进行比较分析, 为乌鳢养殖养殖模式调整 and 品质提升提供基础理论依据, 推动乌鳢养殖和加工等产业的高质量发展。

2 材料与方法

2.1 材料与设备

乌鳢样品分传统池塘养殖和生态净养 2 组, 均来源于德清养殖户。同批鱼苗放入传统池塘养殖 550 d, 作为对照组; 生态净养殖组前期 510 d 在传统池塘养殖, 后期在工厂化全循环水净养 40 d, 养殖水温 25~28 °C, 溶氧量 8 mg/L 以上, 氨氮含量 0.3 mg/L 以下、pH 值在 7~8 范围内。每组养殖模式各 20 尾, 雌雄随机, 体重(675.3±36.5) g, 自然光照活体常温运回实验室。

XPE205DR 分析天平[梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司]; DGG-9070A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海东麓仪器设备有限公司); AFF11/18/3216D 小型焚烧炉(英国 Carbolite 科技有限公司); K-370 自动凯氏定氮仪、B-811 全

密闭索式提取仪(瑞士 BUCHI 公司); L-8900 全自动氨基酸分析仪(日本日立公司); 8900N 气相色谱仪、6890-7000B 气相色谱-质谱联用仪(美国安捷伦公司); TA-TXplus 质构仪(英国 SMS 公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 样品处理

乌鳢活体解剖, 洗净去鳞, 取鱼体脊椎两侧的肌肉, 用于感官评定和质构测定; 切成肉片, 用搅碎机将肉片搅碎成肉糜, 放入-15~-20 °C 的冷藏保存, 待测定营养成分指标。

2.2.2 形体指标测定

每尾鱼解剖前, 测量体重和体长, 计算其肥满度; 解剖鱼体, 将内脏完好取出, 用干净纱布擦净血渍, 称取内脏质量, 计算空壳率; 将肝脏取出, 用干净纱布擦净血渍, 称取肝脏质量, 计算肝体比。

$$\text{肥满度} = \frac{\text{体重}}{(\text{体长})^3} \times 100$$

$$\text{空壳率} \% = \frac{\text{鱼体重量} - \text{内脏重量}}{\text{鱼体重量}} \times 100$$

$$\text{肝体比} \% = \frac{\text{肝脏重量}}{\text{鱼体重量}} \times 100$$

2.2.3 常规营养成分测定

水分含量测定: 按 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[8]的第一法—直接干燥法; 粗灰分含量测定: 按 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》^[9]的第一法—食品中总灰分的测定; 粗蛋白含量测定: 按 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[10]的第一法—凯氏定氮法; 粗脂肪含量测定: 按 GB 5009.6-2006《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》^[11]的第一法—索氏抽提法; 磷含量测定: 按 GB 5009.87-2016《食品安全国家标准 食品中磷的测定》^[12]的第一法—钼蓝分光光度法; Mg、Cr、Mn、Fe、Cu、Zn、等多元素含量测定: 按 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》^[13]电感耦合等离子体质谱法测定。

2.2.4 氨基酸测定和评价

氨基酸组成及含量按 GB 5009.124-2016《食品安全国

家标准《食品中氨基酸的测定》^[14]，全自动氨基酸分析仪测定。根据国际粮农组织/世界卫生组织(food and agricultural organization/World health organization, FAO/WHO)建议的全鸡蛋蛋白氨基酸和氨基酸评分标准^[15]，按照公式来计算乌鳢氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)以及必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI):

$$AAS = \frac{\text{待样品中必需氨基酸含量(mg/gN)}}{\text{FAO/WHO评分标准模式相对应的必需氨基酸含量(mg/gN)}}$$
$$CS = \frac{\text{待样品中必需氨基酸含量(mg/gN)}}{\text{鸡蛋蛋白中相对应的必需氨基酸含量(mg/gN)}}$$
$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{\text{亮氨酸}_t}{\text{亮氨酸}_s} \times 100 \times \frac{\text{赖氨酸}_t}{\text{赖氨酸}_s} \times 100 \times \dots \times \frac{\text{苏氨酸}_t}{\text{苏氨酸}_s} \times 100}$$

注: 公式中 mg/gN 表示每克氮中氨基酸的毫克量(肌肉氨基酸含量×62.5/肌肉蛋白质的百分含量)。n 为需要比较的氨基酸中的必需氨基酸个数; t 为待测样品的必需氨基酸含量; s 为鸡蛋蛋白质中的必需氨基酸含量。

2.2.5 质构特征测定

从暂养室取出乌鳢，敲晕，用纱布吸干鱼体表面水分，刮去鱼体中段鱼鳞，平放在质构仪底座，进行穿刺实验，用直径 2 mm 的柱形探头 P/2 探头穿刺，设置速度 1.00 mm/s，首先进行形变实验，不破坏乌鳢表面结构；第 2 次破坏乌鳢结构组织，探头穿过样品表面，继续穿刺到样品内部，达到设定目标位置后返回，测定硬度、弹性、韧性和破裂度。从背部肌肉切取长、宽、高各 3 cm 左右的肉块，进行全质构分析(texture profile analysis, TPA)，用 LA/P/0.5S 球形探头进行压缩，设置测前速度 1.00 mm/s 下压，测中和测后速度 5.00 mm/s 移动距离 10 mm，返回触发点，停留 30 s 重复操作，测定硬度、弹性、咀嚼性和回复性^[7]。

2.2.6 风味物质测定

取 3.00 g 乌鳢肉糜加入顶空进样瓶中，并用硅胶垫片与铝圈密封，在 60 °C 条件加热 10 min 后将老化后的 50/30 μm 二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷涂层萃取头插入进样瓶，于 60 °C 条件下吸附 30 min 后取出萃取头，并立即将其插入 GC 进样口中，250 °C 解析 3 min 后取出，用于 GC-MS 分析测定^[15]。

气相色谱条件: TR-35 MS 色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm); 程序升温: 柱初温 40 °C,保持 3 min, 以 5 °C/min 上升到 90 °C, 而后以 10 °C/min 升至 230 °C, 保持 7 min。进样口温度 250 °C; 载气: 高纯氦气; 进样模式: 不分流。质谱条件: 传输线温度 250 °C; 检测器温度 280 °C; 离子源(EI)温度 200 °C; 质量扫描范围 30~500m/z 电子能量 70 eV。采用峰面积归一化法求得样品中各挥发性成分的相对百分含量。将所得数据置于 NIST 2.0 谱库中做自动检索分析，且仅当正反匹配度均大于 800 (最大值为 1000)

的鉴定结果才予以保留^[16]。

2.2.7 感官评定

参照 GB/T 37062-2018《水产品感官评价指南》^[17]，6 位评价员组成感官评定小组对样品进行感官评分。感官评价术语参考 GB/T 10221-2012《感官分析术语》^[18]，以蒸熟后鱼肉的外观，鲜味，土腥味，鱼腥味，弹性，总体可接受度为主要评价指标，最高分为 5 分，最低分为 1 分。收集乌鳢感官评价表，去掉最高分和最低分，取平均值用 5 点快感标度法，绘制雷达图^[19]。将 2 组乌鳢样品各做一个平行样，取背肌肉中间可食用部分，均匀切成小块，不加任何调味料，保持最原始的味道，蒸熟之后立即进行感官评价，结果见表 1。

表 1 乌鳢感官评价表
Table 1 Sensory evaluation table of black snake

分值	外观	鲜味	土腥味	鱼腥味	弹性	总体可接受度
5	紧实	鲜美	无土腥味	无鱼腥味	有弹性	很好
4	较紧实	较鲜美	稍有土腥味	稍有鱼腥味	较有弹性	好
3	不紧实 不松散	鲜味较淡	有土腥味	有鱼腥味	稍有弹性	一般
2	较松散	鲜味淡	土腥味重	鱼腥味重	弹性差	差
1	松散	没有鲜味	土腥味很重	鱼腥味很重	弹性无	很差

2.2.8 数据处理及分析

用 WPS Excel 对实验数据进行归纳整理，用 PASW statistics 软件进行统计分析。对乌鳢的不同营养成分指标进行显著性差异分析，P<0.05 为差异显著。

3 结果与分析

3.1 体态指标分析

鱼体的肥满度、空壳率和肝体比是评价鱼体生长情况、营养价值和能量储存的重要指标之一^[20]。由表 2 可见，生态净养组中的肥满度高于传统池塘养殖乌鳢且差异显著(P<0.05)，而空壳率和肝体比差异不显著。

表 2 生态净养养殖和传统池塘模式对乌鳢体态的影响(n=20)
Table 2 Effects of ecological net culture and traditional pond pattern on the body posture of black snake (n=20)

测定指标	生态净养组	传统池塘组
肥满度	1.53±0.01	1.09±0.03*
空壳率/%	89.23±0.69	89.58±0.72
肝体比/%	1.65±0.21	1.63±0.23

注: 本文表格中标有*表示同一行中的 2 组数据差异显著(P<0.05)，标有**表示差异极显著(P<0.01)，无标志则差异不显著(P>0.05)。

3.2 常规营养指标分析

蛋白质和脂肪含量是评价鱼类营养价值的重要指标。2 组乌鳢肌肉的一般营养成分含量见表 3。经比较可见, 生态净养组乌鳢肌肉中水分含量高于传统池塘养殖乌鳢, 差异极显著($P<0.01$); 生态净养组乌鳢肌肉中粗蛋白含量高于传统池塘养殖乌鳢, 差异显著($P<0.05$); 而生态净养组乌鳢肌肉中灰分与传统池塘养殖组比较不显著, 略低于传统池塘养殖组, 生态净养组肌肉中粗脂肪含量低于传统池塘组, 差异极显著($P<0.01$)。在生态净养过程中, 控制饲料摄入量, 调节水流速度加大乌鳢运动量, 消耗其体内脂肪, 导致脂肪含量明显降低和蛋白质含量上升。

表 3 生态净养和传统池塘养殖模式对乌鳢肌肉营养指标的影响
($n=5$)

Table 3 Effects of ecological purification culture and traditional pond on muscle nutritional indexes of black snake ($n=5$)

营养指标	生态净养组	传统池塘组
水分/%	77.393±2.149	74.031±1.1**
灰分/%	1.004±0.122	1.071±0.05
粗蛋白/(g/100 g)	17.871±0.886	16.005±0.577*
粗脂肪/%	0.906±0.138	1.257±0.087**
Mg/(mg/kg)	23.244±1.960	23.601±2.032**
Fe/(mg/kg)	0.860±0.322	0.598±0.308
Cu/(mg/kg)	0.400±0.009	0.320±0.008
Zn/(mg/kg)	0.460±0.091	0.400±0.0087
P/(mg/kg)	214.500±51.987	181.100±68.947

注: 本文表格中标有*表示同一行中的两组数据差异显著($p<0.05$), 标有**表示差异极显著($p<0.01$), 无标志则差异不显著($p>0.05$)

生态净养和传统池塘养殖模式下的乌鳢都含有丰富的 Mg、Fe、Cu、Zn、P 等矿物元素。矿物元素必须从外界供给, 鱼体内矿物元素的高低也反映了鱼类对饲料和环境的吸收能力。Fe、Cu、Zn、P 在生态净养养殖和传统池塘养殖乌鳢肌肉的含量差异不显著($P>0.05$), 而 Mg 元素在传统池塘养殖乌鳢肌肉和生态净养养殖的含量差异极显著($P<0.01$)。由于生态净养池水质采用当地优良地下水源, 生态净养养殖模式下的 Fe、Cu、Zn、P 均高于传统池塘养殖乌鳢, 采用生态净养模式来养殖乌鳢是一种更好的选择。

3.3 氨基酸组成分析与评价

由表 4 可见, 生态净养和传统池塘养殖乌鳢肌肉中均检测出 17 种常见氨基酸, 色氨酸在水解过程中遭破坏未检出。必需氨基酸(essential amino-acid, EAA)是决定蛋白质营养的重要指标之一^[21], 2 组乌鳢 EAA 各检出 7 种, 其中生态净养组的必需氨基酸总量为 9.03%, 传统池塘养殖乌鳢为 8.58%。根据 FAO/WHO 理想模式, 优质蛋白质的 EAA/TAA 在 40%左右, 生态净养组(40.3%)和传统池塘养

殖乌鳢(40.51%)均符合上述要求, 因此均属于优质蛋白质^[20]。

表 4 生态净养和传统池塘养殖模式对乌鳢肌肉氨基酸组成的影响

Table 4 Effects of ecological purification culture and traditional pond on amino acid composition in muscle of black snake

氨基酸种类	氨基酸含量/(g/100 g)	
	生态净养组	传统池塘养殖乌鳢
天冬氨酸 Asp	2.31	2.08*
谷氨酸 Glu	3.54	3.41
甘氨酸 Gly	1.2	1.03*
丙氨酸 Ala	1.38	1.32
精氨酸 Arg	1.36	1.21*
组氨酸 His	0.55	0.57
丝氨酸 Ser	0.93	0.89
酪氨酸 Tyr	0.84	0.81
脯氨酸 Pro	0.54	0.42
胱氨酸 Cys	0.14	0.12
苏氨酸 Thr	1.03	1.01
缬氨酸 Val	1.12	1.08
蛋氨酸 Met	0.69	0.64
异亮氨酸 Ile	1.65	1.42
亮氨酸 Leu	1.98	1.93
苯丙氨酸 Phe	0.99	0.93
赖氨酸 Lys	2.26	2.21
总氨基酸含量 TAA/%	22.51	21.08*
必需氨基酸含量 EAA/%	9.03	8.58
EAA/TAA%	40.3	40.51
鲜味氨基酸含量 DAA/%	8.41	7.73
DAA/TAA%	37.36	36.67

鱼类肌肉鲜味程度取决于鲜味氨基酸的总量^[22]。本次实验两组乌鳢均检出鲜甜味氨基酸, 其中生态净养组总量为 8.41%, 传统池塘养殖组为 7.73%。检出 5 种鲜味氨基酸按含量高低依次为谷氨酸、天冬氨酸、赖氨酸、丙氨酸、胱氨酸, 其中含量最高的谷氨酸, 生态净养组含量为 3.54%, 传统池塘组含量为 3.41%。由此显示, 生态净养组鲜味比传统池塘养殖乌鳢要更足一些。。

生态净养组肌肉中天冬氨酸、甘氨酸、精氨酸的含量高于传统池塘养殖乌鳢差异显著($P<0.05$), 总氨基酸含量差异显著($P<0.05$)。生态净养组和传统池塘养殖乌鳢的必需氨基酸含量 EAA/%、EAA/TAA、鲜味氨基酸含量 DAA/%、DAA/TAA 差异无显著。

人类对蛋白质的需要, 实质是对氨基酸和小肽的需要^[23]。因此评价乌鳢肌肉的营养价值, 不仅需要评价蛋白

质含量的高低, 还需要评价所含人类必需氨基酸的多少等^[24]。根据 WHO/FAO 提出的必需氨基酸和鸡蛋蛋白质氨基酸的评分标准, 计算出 2 种养殖方式下乌鳢的 AAS、CS 和 EAAI。

从表 5 可见, 根据生态净养组和传统池塘养殖乌鳢肌肉 AAS 评分, 得到第一和第二限制性氨基酸分别为缬氨酸和含硫氨基酸。生态净养养殖和传统池塘养殖乌鳢肌肉中 CS 的第一和第二限制性氨基酸分别为含硫氨基酸和缬氨酸。生态净养组 EAAI 值为 89.23%, 传统池塘养殖乌鳢的 EAAI 值分别为 87.69%。生态净养组肌肉中氨基酸的氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数总体高于传统池塘养殖乌鳢, 说明生态净养组肌肉蛋白质的营养价值较高。

3.4 肌肉质构的影响

穿刺模式的探头直径比较小, 多数检测样品的表面刺破之后力学变化以及内外差异, 多用于整体质构的检测, 可以反应整体的力学特性参数。硬度是在质构指标中占大比重的指标^[25]。肌肉的特性以及结构影响着鱼肌肉硬度指标的大小, 而鱼类的肌肉特征大部分都在硬度上有所体现^[26]。从表 6 可以看出, 穿刺实验生态净养组的硬度、弹性、破裂强度高于传统池塘养殖乌鳢, 差异极显著($P<0.01$); 生态净养组韧性略高于传统池塘组, 但差异无显著。

质构是描述食品结构的物理性质, 是对于口感的语

言表达方式之一^[27]。由表 7 可知, TPA 测定生态净养组的硬度、咀嚼性、回复性高于传统池塘养殖乌鳢差异显著($P<0.01$), 生态净养组的弹性与传统池塘组差异无显著。

3.5 风味物质的影响

风味物质是指能对人的气味和滋味产生刺激而获得感觉的物质^[28]。从表 8 可以看出, 2 种养殖模式样品中检测到 74 种挥发性气味物质, 包括 29 种醛、21 种醇、8 种酮、10 种烯烃烷烃以及 7 种其他物质。生态净养组肌肉中检出 59 种挥发性气味物质, 包括 19 种醛类、17 种醇类、8 种酮类、8 种烯烃烷烃以及 7 种其他物质; 传统池塘组肌肉中检出 57 种挥发性气味物质, 27 种醛类、11 种醇类、6 种酮类、8 种烯烃烷烃以及 6 种其他物质。生态净养组肌肉挥发性气味物质数量略高于传统池塘养殖乌鳢。

鱼类腥味与虾相比较重, 由于脂肪含量高的鱼类会含有更多腥味物质^[29]。内脏腥味物质会比肌肉的腥味更重, 在生态净养组内脏和鳃均检出(E)-2-辛烯醛(鱼腥味), 但肌肉中却并未检出。2 种养殖方式下乌鳢均检出己醛(鱼腥味)、壬醛(黄瓜香)、(E,E)-2,4-壬二烯醛(青草香)、1-辛烯-3-醇(土腥味)。醛类物质是肌肉风味物质主要来源^[30], 鱼肉中各部分的鱼腥味化合物主要以己醛为主^[31], 生态净养组中己醛含量比传统池塘养殖乌鳢的检出含量低, 说明鱼腥味低。结合 1-辛烯-3-醇(土腥味)含量来看, 生态净养组土腥味也较低。

表 5 生态净养和传统池塘养殖模式对乌鳢的营养价值评价(mg/g*N)

Table 5 Evaluation of nutritional value of black snake by ecological purification culture and traditional pond(mg/g*N)

必需氨基酸	FAO/WHO	E 鸡蛋	必需氨基酸含量		AAS		CS	
			生态净养	传统池塘	生态净养	传统池塘	生态净养	传统池塘
异亮氨酸 Ile	250	331	554.34	577.08	2.31	2.22	1.74	1.67
亮氨酸 Leu	440	534	753.44	692.5	1.57	1.71	1.30	1.41
赖氨酸 Lys	340	441	862.74	790.43	2.32	2.54	1.79	1.96
蛋氨酸 Met+胱氨酸 Cys	220	386	296.69	290.29	1.35	1.32	0.75	0.77
苯丙氨酸 Phe+酪氨酸 Tyr	380	565	679.26	640.04	1.79	1.68	1.13	1.20
苏氨酸 Thr	250	292	394.28	360.24	1.58	1.44	1.23	1.35
缬氨酸 Val	310	411	421.61	391.72	1.36	1.26	0.95	1.03
总量	2190		3962.36	3742.30	12.54	11.92	8.90	9.39
EAAI							89.23	87.69

表 6 穿刺实验测定生态净养和传统池塘养殖模式对乌鳢肌肉质构的差异

Table 6 Difference of muscle texture between ecological purification culture and traditional pond on black snake by puncture test

测定指标	生态净养组	传统池塘组
硬度/g	92.84±7.04	69.80±5.95**
弹性/%	67.45±3.27	62.34±1.05**
韧性/mm	24.37±1.19	24.14±2.55
破裂强度/g	7214.14±335.06	6025.11±212.49**

表 7 TPA 测定生态净养和传统池塘养殖模式对乌鳢肌肉质构的差异

Table 7 Muscle texture difference between ecological purification culture and traditional pond of black snake by TPA

测定指标	生态净养组	传统池塘养殖乌鳢
硬度/g	201.86±4.27	197.71±3.88*
弹性/%	0.72±0.05	0.71±0.04
咀嚼性/g	35.42±1.13	34.43±0.93*
回复性/g	0.50±0.08	0.42±0.06*

表 8 生态净养和传统池塘养殖模式对乌鳢肌肉中风味物质的影响(%)

Table 8 Effects of ecological purification culture and traditional pond on the flavor substances in the muscle of black snake (%)

类别	序号	物质名称	生态净养组	传统池塘组
醛类	1	正己醛	15.6	13.6
	2	庚醛	1.05	1.02
	3	2-庚烯醛	0.71	0.41
	4	2,4-庚二烯醛	ND	0.07
	5	辛醛	1.29	1.04
	6	(E)-2-辛烯醛	ND	ND
	7	2-辛烯醛	ND	1.78
	8	壬醛	2.7	3.02
	9	2-壬烯醛	0.56	0.56
	10	(E,E)-2,4-壬二烯醛	0.32	ND
	11	2,4-壬二烯醛	0.45	ND
	12	2,6-壬二烯醛	0.28	ND
	13	戊醛	0.65	0.63
	14	2-戊烯醛	0.06	ND
	15	癸醛	ND	0.62
	16	2-癸烯醛	ND	ND
	17	4-癸烯醛	0.6	ND
	18	2,4-癸二烯醛	ND	0.54
	19	苯甲醛	1.06	2.76
	20	4-乙基苯甲醛	0.22	ND
	21	3-甲基-2-丁烯醛	ND	0.07
	22	苯乙醛	ND	ND
	23	2-十一烯醛	ND	ND
	24	十一醛	0.12	0.98
	25	十四醛	ND	ND
	26	十五醛	ND	ND
	27	十六醛	ND	ND
	1	正己醇	ND	ND
	2	1-己醇	3.14	1.3
	3	戊醇	ND	ND
	4	1-戊醇-4-氨基	ND	ND
	5	1-戊醇	0.49	0.39
	6	1-戊烯-3-醇	ND	0.21
	7	正辛醇	ND	ND
	8	(E)-2-辛烯-1-醇	ND	ND
	9	1-辛烯-3-醇	10.21	8.57
	10	2-辛烯-1-醇	1.91	ND
	11	1-壬烯-4-醇	ND	ND
	12	3-壬烯-1-醇	ND	ND

续表 8

类别	序号	物质名称	生态净养组	传统池塘组
醇类	13	2-壬烯-1-醇	ND	1.88
	14	1-壬醇	ND	0.3
	15	3-乙基-4-壬醇	ND	ND
	16	苯甲醇	ND	ND
	17	4-甲基-5-壬醇	0.68	ND
	18	2,4-二甲基环己醇	0.82	0.51
	19	2-乙基己醇	0.25	0.17
	20	1-十一醇	0.35	ND
	21	1-庚醇	0.34	ND
酮类	1	2-庚酮	0.22	0.2
	2	3-辛酮	0.17	0.2
	3	1-辛烯-3-酮	ND	ND
	4	2,3-辛二酮	ND	ND
	5	2,5-辛二酮	ND	2.35
	6	1-(2,2,6-三甲基环己基)乙酮	ND	ND
	7	苯乙酮	0.08	0.13
	8	2,3-戊二酮	ND	ND
烯烃 烷烃	1	三氯甲烷	12.44	17.99
	2	1,2-二氯四氟乙烷	0.17	0.25
	3	癸烷	ND	ND
	4	4,5-二甲基辛烷	ND	ND
	5	正癸烷	0.28	ND
	6	十一烷	0.93	1.42
	7	十二烷	1.03	1.7
	8	十三烷	0.25	ND
	9	1,3-辛二烯	ND	ND
	10	苯乙烯	1.35	1.01
其他	1	2-(氮杂环丙烷-1-基)乙胺	1.6	3.23
	2	硫酸羟脲	ND	ND
	3	甲氧基苯肼	1.7	1.49
	4	2-戊基呋喃	0.59	1.18
	5	正己酸乙烯基酯	2.29	ND
	6	氨基脲	ND	0.42
	7	甲苯	ND	ND

3.6 感官评价的影响

感官评价是指利用科学客观的方法, 用人的感觉器官对食品的感官进行评定, 对食品进行定性、定量的评价分析^[32]。对生态净养和传统池塘养殖乌鳢进行外观、鲜味、土腥味、鱼腥味、弹性、总体可接受度属性进行 5 点

风味分析,得到感官评分雷达图(见图 1)。

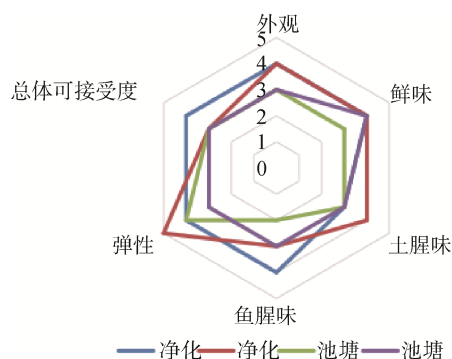


图 1 乌鳢感官评价雷达图

Fig.1 Channa Argus sensory evaluation radar map

从图 1 看出,在外观方面生态净养组较紧实,而传统池塘养殖乌鳢不紧实不松散;在鲜味方面,生态净养组鲜味较好;在土腥味方面,2 种养殖方式的乌鳢都稍有土腥味,但生态净养组的评分高,说明腥味较淡;在鱼腥味方面,传统池塘养殖的评分较低,说明鱼腥味较重;在弹性方面,生态净养组较有弹性,传统池塘养殖乌鳢稍有弹性;总体接受度而言,生态净养养殖比传统池塘略高。总体来看,生态净养组的口感较好。

4 结 论

本实验测定比较 2 种养殖方式乌鳢的肥满度、体重、体长等体形指标,测定了营养成分,同时进行感官分析、系水力、质构特性、风味物质测定和比较,以及重金属安全指标。肥满度、空壳率、肝体比等指标比较表明,生态净养组肥满度显著高于传统池塘养殖乌鳢,生态净养组的空壳率、肝体比比传统池塘养殖乌鳢低。采用生态净养养殖模式的乌鳢形体色泽更加健美。

生态净养养殖模式的乌鳢水分含量高于传统池塘养殖乌鳢差异极显著,粗蛋白的含量高于传统池塘养殖乌鳢差异显著,但粗脂肪的含量却低于传统池塘养殖乌鳢,说明生态净养组脂肪含量低,水分足,蛋白质高。从氨基酸组成分析,发现 2 组乌鳢的氨基酸总量都为 17 种,生态净养组肌肉中必需氨基酸、鲜味氨基酸含量均总体高于传统池塘养殖乌鳢。

在穿刺模式下质构测定生态净养组的硬度、弹性、破裂强度均高于传统池塘养殖乌鳢;触碰模式下质构测定生态净养组的硬度、咀嚼性、回复性均高于传统池塘养殖乌鳢。生态净养组肌肉挥发性气味物质数量略多于传统池塘养殖乌鳢,但醛类物质比传统池塘养殖乌鳢数量少。因此,生态净养组的腥味会比传统池塘养殖乌鳢的淡。五点快感评价法显示生态净养组的感官品质总体评价分比传统池塘

养殖乌鳢高。采用生态净养养殖模式的乌鳢腥味、土腥味较低,鲜味较高,营养价值和风味口感均得到优化。生态净养养殖和传统池塘养殖模式下乌鳢的有毒有害重金属指标检测结果符合国家水产的安全卫生标准,是安全的水产品。

综上所述,生态净养组的空壳率、肝体比比传统池塘养殖乌鳢低,说明内脏占比低,肥满度高,体形优美、修长,营养价值比传统池塘养殖乌鳢高,腥味淡,口感也比传统池塘养殖乌鳢的更易被消费者接收。因此,实验结果说明生态净养养殖模式是提升养殖乌鳢品质的好方法,值得进一步完善推广。

参考文献

- [1] 周朝伟, 雷路, 邓星星, 等. 乌鳢与白乌鳢肌肉营养成分分析与评价[J]. 淡水渔业, 2018, 48(3): 83–89.
Zhou CW, Lei L, Deng XX, et al. Nutritional composition analysis and evaluation of *Ophicephalus argus* and *Opnioccephalus argus* var [J]. Freshwater Fish, 2018, 48(3): 83–89.
- [2] 姜巨峰, 韩现芹, 傅志茹, 等. 雌雄乌鳢可食部分主要营养成分的比较分析[J]. 凯里学院学报, 2012, 30(3): 71–75.
Jiang JF, Han XQ, Fu ZR, et al. Comparative analyses of the main nutritional components in edible tissues of male and female *Ophicephalus argus* [J]. J Kaili Univ, 2012, 30(3): 71–75.
- [3] 陈飞东, 杨立峰. 乌鳢营养价值及其深加工开发前景[J]. 农产品加工, 2013, (8): 51–53.
Chen FD, Yang LF. Channa argus nutritional value and the intensive processing development prospect [J]. Acad Period Farm Prod Proc, 2013, (8): 51–53.
- [4] 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[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1050–1059.
Cheng HH, Xie CX, Li DP, 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 [J]. J Fish China, 2016, 40(7): 1050–1059.
- [5] Fuentes A, Fernández-Segovia JA, Serra I, et al. Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality [J]. Food Chem, 2010, 119: 1514–1518.
- [6] Rodríguez-Barreto D, Jerez S, Cejas JR, et al. Comparative study of lipid and fatty acid composition in different tissues of wild and cultured female broodstock of greater amberjack (*Seriola dumerili*) [J]. Aquaculture, 2012, 360–361: 1–9.
- [7] 陈小芳, 王扬, 王鼎南, 等. 饵料类型对乌鳢肉色、肉质和营养成分的影响[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(8): 1421–1424.
Chen XF, Wang Y, Wang DN, et al. Effects of different diets types on color, meat quality and nutrients of *Ophicephalus argus* [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2018, 59(8): 1421–1424.
- [8] GB 5009.3–2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定[S].
GB 5009.3–2016 National food safety standard-Determination of moisture in foods [S].
- [9] GB 5009.4–2016 食品安全国家标准 食品中灰分的测定[S].
GB 5009.4–2016 National food safety standard-Determination of ash in foods [S].
- [10] GB 5009.5–2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].

- GB 5009. 5-2016 National food safety standard-Determination of protein in foods [S].
- [11] GB 5009. 6-2006 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
GB 5009. 6-2006 National food safety standard-Determination of fat in foods [S].
- [12] GB 5009. 87-2016 食品安全国家标准 食品中磷的测定[S].
GB 5009.87-2016 National food safety standard-Determination of phosphorus in foods [S].
- [13] GB 5009. 268-2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].
GB 5009. 268-2016 National food safety standard-Determination of multiple elements in foods [S].
- [14] GB 5009. 124-2016 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定[S].
GB 5009. 124-2016 National food safety standard-Determination of amino acids in foods [S].
- [15] 赵立, 陈军, 赵春刚, 等. 野生和养殖乌鳢肌肉的成分分析及营养评价[J]. 现代食品科技, 2015, 31(9): 244-249.
Zhao L, Chen J, Zhao CG, *et al.* Composition analysis and nutritional evaluation of wild and farmed *Channa argus* [J]. Mod Food Sci Technol, 2015, 31(9): 244-249.
- [16] 宋恭帅, 张蒙娜, 俞喜娜, 等. 5 种提取方法对甲鱼油品质的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(9): 1789-1799.
Song GS, Zhang MN, Yu XN, *et al.* Effects of five extraction methods on the quality of turtle oil [J]. J Nucl Agric Sci, 2019, 33(9): 1789-1799.
- [17] GB/T 37062-2018 水产品感官评价指南[S].
GB/T 37062-2018 Guidelines for sensory evaluation of aquatic products [S].
- [18] GB/T 10221-2012 感官分析术语[S].
GB/T 10221-2012 Sensory analysis terminology [S].
- [19] 王海波. 食品感官检验技术[M]. 北京: 人民出版社, 2019.
Wang HB. Food sensory inspection technology [M]. Beijing: People's Publishing House, 2019.
- [20] 孙婷婷. 温度和 CO₂ 驯养对南极鱼 *P. brachycephalum* 肝指数(HSI)和 Fulton's K 肥满度的影响[J]. 现代农业科技, 2010, (24): 310-311.
Sun TT. The Impacts of Warm and CO₂ Acclimations on the hepatosomatic index (HSI) and fulton's K condition factor of antarctic eelpout *P. brachycephalum* [J]. Mod Agric Sci Technol, 2010, (24): 310-311.
- [21] 张永泉, 任广明, 尹家胜, 等. 黑斑狗鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. 水产学杂志, 2019, 32(1): 17-21.
Zhang YQ, Ren GM, Yin JS, *et al.* Nutritional components and quality evaluation of muscle in amur pike *esox reichrti* [J]. Chin J Fish, 2019, 32(1): 17-21.
- [22] 邹礼根, 郭水荣, 翁丽萍, 等. 两种不同养殖模式对青鱼肌肉营养品质的影响[J]. 宁波大学学报(理工版), 2018, 31(4): 25-30.
Zou LG, Guo SR, Weng LP, *et al.* Effects of two different culture modes on muscle nutrients of black carp [J]. J Ningbo Univ (Nat Sci Eng Ed), 2018, 31(4): 25-30.
- [23] 王忠良, 黄建盛, 陈刚, 等. 野生细鳞鲟(*Therapon jarbua*)肌肉主要营养成分分析及评价[J]. 广东海洋大学学报, 2013, 33(4): 1-6.
Wang ZL, Huang JS, Chen G, *et al.* Analysis and evaluation of main nutritive composition in the muscle of wild *Therapon jarbua* [J]. J Guangdong Ocean Univ, 2013, 33(4): 1-6.
- [24] 封功能, 张雪梅, 刘汉文, 等. 斑点叉尾鲷含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 江西农业学报, 2007, (7): 79-80, 83.
Feng GN, Zhang XM, Liu HW, *et al.* Rate of flesh content and analysis on nutrition composition of channel catfish [J]. Acta Agric Jiangxi, 2007, (7): 79-80, 83.
- [25] Periaigom J, Ayala MD, Lopez-Albors O, *et al.* Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. [J]. Aquaculture, 2005, 249: 175-188.
- [26] Wan LL, Qing XZ, Zhi WZ. Different changes in mastication between crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C.) and grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) after heating: the relationship between texture and ultrastructure in muscle tissue [J]. Food Res Int, 2009, 42: 271-278.
- [27] 赵改名, 郝红涛, 柳艳霞, 等. 肉糜类制品质地的感官评定方法[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(2): 100-105.
Zhao GM, Hao HT, Liu YX, *et al.* Sensory evaluation approaches for texture characteristics of minced meat products [J]. J China Agric Univ, 2010, 15(2): 100-105.
- [28] 杨玉平, 熊光权, 焦春海, 等. 顶空固相微萃取与气相色谱-质谱联用分析白鲢鱼体中的挥发性成分[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(21): 4876-4879, 4959.
Yang YP, Xiong GQ, Jiao CH, *et al.* Analysis of volatiles in silver carp by headspace solid phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry [J]. Hubei Agric Sci, 2012, 51(21): 4876-4879, 4959.
- [29] 高瑞昌, 苏丽, 黄星奕, 等. 水产品风味物质的研究进展[J]. 水产科学, 2013, 32(1): 59-62.
Gao RC, Su L, Huang XY, *et al.* Research progress of flavor components in fishery products [J]. Fish Sci, 2013, 32(1): 59-62.
- [30] 杨欣怡, 刘源, 许长华, 等. 水产品中挥发性风味物质提取和分析研究进展[J]. 食品科学, 2015, 32(5): 59-62.
Yang XY, Liu Y, Xu CH, *et al.* Extraction and analysis of volatile flavor compounds in aquatic products: A review [J]. Food Sci, 2015, 32(5): 59-62.
- [31] 麦雅彦, 杨锡洪, 连鑫. SDE/GC-MS 测定南美白对虾的挥发性香气成分[J]. 现代食品科技, 2014, 45(1): 206-210.
Mai YY, Yang XH, Lian X. Determination of volatile aroma compounds of *R. vannamei* by SDE/GC-MS [J]. Mod Food Sci Technol, 2014, 45(1): 206-210.
- [32] 曾习, 曾思敏, 龙维贞. 食品感官评价技术应用研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(3): 198-200.
Zeng X, Zeng SM, Long WZ. Research progress of application of food sensory evaluation technology [J]. China Condi, 2019, 44(3): 198-200.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



王 扬, 硕士研究生, 教授级高级工程师, 主要研究方向为水产品质量安全评价和品质研究。

E-mail: 1752315020@qq.com



吴洪喜, 博士研究生, 研究员, 主要研究方向为水产养殖技术。

E-mail: 1752315020@qq.com