

添加微生物制剂和碳源对云斑尖塘鳢生长性能及肌肉品质的影响

李琳娜¹, 王智勇², 王广军^{3*}, 付兵³, 李本旺⁴, 贾丽娟³, 李希国⁴

(1.广东省农业技术推广中心, 广东广州 510500; 2.惠州市惠城区动物疫病防控所, 广东惠州 516008; 3.中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东广州 510380; 4.东莞市动物疫病预防控制中心, 广东东莞 523073)

摘要 [目的]探究在养殖水体中添加微生物制剂和碳源在云斑尖塘鳢养殖生产中的应用效果,为改善云斑尖塘鳢养殖环境和肌肉品质提供基础数据。[方法]以葡萄糖为碳源,研究添加微生物制剂和碳源对云斑尖塘鳢生长、肌肉质构和营养组成、氨基酸、脂肪酸等营养成分的影响,并对其肌肉品质进行评价。[结果]在水体中添加微生物制剂和碳源显著促进了云斑尖塘鳢生长,增重率与对照组相比提高了25.19%;添加微生物制剂和碳源提高了云斑尖塘鳢肌肉中灰分含量,试验组比对照组提高了11.38%;显著降低了粗脂肪含量,试验组比对照组降低了39.74%;但对粗蛋白、水分含量和氨基酸组成与含量无显著影响($P>0.05$);添加微生物制剂显著降低了云斑尖塘鳢肌肉中脂肪酸的含量($P<0.05$),饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸均显著低于对照组($P<0.05$),其中n-3系多不饱和脂肪酸差异最显著,降低了37.23%。[结论]在养殖水体中添加225 g/($\text{hm}^2 \cdot \text{d}$)的微生物制剂和投喂饲料重量的1%葡萄糖可以促进云斑尖塘鳢的生长,降低云斑尖塘鳢肌肉中粗脂肪含量,增加粗灰分含量。

关键词 微生物制剂;碳源;云斑尖塘鳢;生长性能;营养成分

中图分类号 S965

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)10-0069-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.015



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Adding the Probiotics and Carbon Sources on Growth Performance and Muscle Quality of *Oxyeleotris marmoratus*LI Lin-na¹, WANG Zhi-yong², WANG Guang-jun³ et al (1. Agro-Tech Extension Center of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510500; 2. Huicheng Animal Disease Prevention and Control Institute of Huizhou City, Huizhou, Guangdong 516008; 3. Pearl River Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou, Guangdong 510380)

Abstract [Objective] In order to study the effect of adding probiotics and carbon source in the culture water on growth performance and muscle quality of *Oxyeleotris marmoratus*, which would provide some basic data for improving the culture environment and muscle quality of *O. marmoratus*. [Method] In this study, with the glucose as carbon source, the growth, muscle texture and nutritional composition, amino acids, fatty acids and other nutritional components of *O. marmoratus* were determined. [Result] The results showed that adding probiotics and carbon source in culture water could promote the growth of *O. marmoratus*, and the weight gain rate increased by 25.19% compared with the control group. With adding probiotics and carbon source could increase the content of crude ash 11.38%, and could decrease the content of crude fat 39.74%, but had no significant effect on the composition and content of crude protein, moisture and amino acids ($P>0.05$). Adding the probiotics significantly reduced the content of fatty acids in the muscle of *O. marmoratus* ($P<0.05$), the saturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids were significantly lower than those in the control group ($P<0.05$). Among them, the difference of polyunsaturated fatty acids in n-3 line was the most significant, reduced by 37.23%. [Conclusion] The results showed that the adding probiotics and carbon source in water could promote the growth of *O. marmoratus*, reduce the content of crude fat in its muscle and increase the content of crude ash. The addition amounts of probiotics and carbon source were 225 g/($\text{hm}^2 \cdot \text{d}$) and 1% of total feed weight.

Key words Probiotics; Carbon source; *O. marmoratus*; Growth performance; Nutrient components

云斑尖塘鳢(*Oxyeleotris marmoratus*),属鲈形目虾虎鱼亚目塘鳢科尖塘鳢属,原产于泰国、东南亚等国家和地区,俗称泰国笋壳鱼,因其肉质细腻、味道鲜美、营养价值高而广受消费者的喜爱^[1]。其体表黄褐色,斑纹明显,外形美观,市场售价高^[2]。我国珠三角地区于1986年引进云斑尖塘鳢,1996年又引进线纹尖塘鳢(俗称澳洲笋壳鱼)进行养殖试验,随后人工繁殖成功。经过30余年的发展,现已在我国广东、海南等地呈规模化养殖。但在快速发展的同时也出现了一些问题,养殖过程中未被摄食的饲料直接在养殖水体中降解,摄食后未被消化吸收的氮、磷则以粪便等形式排入水中^[3-4]。这些未被利用的氮、磷在水体中长期积累会引起水质恶化,造成水产疾病频发。为了防治病害,大量化学药品和抗生素被使用,加速了水体的恶化。此外,未经处理的养殖尾水一

旦排入河流或湖泊,还会引起周边水体的富营养化,对周边水域造成污染,甚至还会危害人体健康^[5]。

微生物制剂是指经特殊工艺制成的一类活菌制剂,具有对环境友好、无不良反应和无耐药性等特点,是一种可以促进养殖动物生长、净化养殖环境的生物制剂。因此,近年来越来越多的微生物制剂在水产养殖中得到研究和应用。碳源为微生物生长提供营养所需的碳元素,通过细胞内的一系列化学变化,被微生物合成各种代谢产物。根据来源不同,可将碳源分为无机碳源和有机碳源。糖类是可被微生物较好利用的碳源,特别是单糖、双糖等,绝大多数微生物都能很好地利用。

相关研究表明,在养殖水体中添加微生物制剂能有效改善水体,提高水产动物的生长性能和免疫功能,增强抗病力。但水体中微生物发挥作用常受限于水体中碳源的不足,因此,将微生物制剂和碳源联合使用,比单一使用微生物制剂效果更加明显。王立明^[6]研究表明,饲料中添加芽孢杆菌可以提升黄羽肉鸡生长性能和饲料表观消化率;郑侠飞^[7]研究了添加微生物制剂和碳源对水产养殖环境的影响及作用机

基金项目 广东省省级农业科技创新及推广项目(2023KJ150);东莞市社会科技发展(重点)项目(20185071011599);中国-东盟海上合作基金项目(CANC-2018F)。

作者简介 李琳娜(1980—),女,湖南郴州人,高级工程师,从事渔业技术推广研究。*通信作者,研究员,从事水产动物健康养殖研究。

收稿日期 2022-07-10

制,发现微生态制剂和碳源的添加可以改变水体微生物的组成,改善水质,利于水产动物生长;艾金龙等^[8]研究表明,微生物制剂可作为水质改良剂、疾病防控剂、生态平衡剂、饲料添加剂用于小龙虾养殖,可降低养殖风险;张优平等^[9]研究表明,添加微生态制剂可提升长丰鲢苗种生长性能,改善养殖环境。目前,有关微生态制剂的研究主要集中于生长性能和改善水质方面,对微生物制剂与碳源联合使用作用于鱼类品质的研究不多,对云斑尖塘鳢生长性能和肌肉品质的影响研究尚鲜见报道。为此,笔者以葡萄糖为碳源,在养殖水体中添加微生态制剂和葡萄糖,探讨其对云斑尖塘鳢生长和品质改善的影响,以期对云斑尖塘鳢的品质提升和健康养殖提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 试验所用鱼来自广东省东莞市南方特种水产研究所自行繁育的云斑尖塘鳢成鱼;微生态制剂和葡萄糖均购自广州先得生物科技有限公司,微生态制剂为乳酸菌复合制剂,有效活菌数 $\geq 1\ 000$ 亿/kg。

1.2 试验设计 试验地点在广东省东莞市虎门镇南方特种水产研究所养殖基地(22°09'34.59"N, 113.64'49.89"E)。随机在该基地选择面积相近的6口池塘,其中3口池塘为对照组,3口池塘为试验组。6口池塘面积均为255 hm²,水深2 m,放养云斑尖塘鳢12 000尾/hm²,混养少量鲢、鳙。饲料为鱼浆(冰鲜鱼糜+配合饲料),对照组与试验组投喂相同饲料,试验组定期向水体添加微生物制剂和葡萄糖,其中微生物制剂添加量为225 g/(hm²·d),葡萄糖添加量为投喂饲料重量的1%,试验周期为75 d(2021年7月9日至9月24日)。每日投喂2次(09:30、17:00),投喂量为鱼体质量的3%~4%。

1.3 样品采集与分析 试验开始时,每口池塘随机抽取30尾逐条测量体长和体重,作为初始体长和体重。养殖试验结束时,禁食24 h,每口池塘随机抽取30尾逐条测量体长和体重,作为终末体长和体重。同时用三卡因甲磺酸盐(250 mg/L)麻醉后,解剖鱼体,取出内脏团,剥离肝脏,分别称量内脏团和肝脏的重量。每口池塘随机取5尾鱼,取背部肌肉,用于质构检测;另取部分背部肌肉于-80℃冰箱中保存,用于试验鱼肌肉营养成分、氨基酸和脂肪酸组成分析。

1.4 项目测定与方 法

1.4.1 生长性能与形体指标的测定。分别按照以下公式计算增重率(WGR)、肥满度(CF)、内脏指数(VSI)和肝脏指数(HSI)。

$$WGR(\%) = 100 \times (G_t - G_0) / G_0$$

$$CF(\%) = 100 \times G_v / L^3$$

$$VSI(\%) = 100 \times G_v / G_t$$

$$HSI(\%) = 100 \times G_h / G_t$$

式中, G_0 为云斑尖塘鳢的初始体重,g; G_t 为终末体重,g; G_h 为肝脏湿重,g; G_v 为内脏湿重,g; L 为体长,cm。

1.4.2 常规营养成分分析。水分含量测定参照GB 5009.3—2016;粗蛋白含量测定参照GB 5009.5—2016;粗脂肪含量测

定参照GB 5009.6—2016;灰分含量测定参照GB 5009.4—2016。

1.4.3 氨基酸含量测定。参照GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》中的方法测定,所用仪器为高速氨基酸分析仪。

1.4.4 氨基酸营养价值评价。根据FAO/WHO中的氨基酸评分标准模式^[10],并和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式^[11]进行比较,分别计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)^[12]。

$$AAS = \frac{\text{待测样品中某种氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO 标准模式中同种氨基酸含量}} \quad (1)$$

$$CS = \frac{\text{待测样品中氨基酸含量}}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}} \quad (2)$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{a}{A} \times 100 \times \frac{b}{B} \times 100 \times \frac{c}{C} \times 100 \times \dots \times \frac{g}{G} \times 100} \quad (3)$$

式中, n 为氨基酸数; a, b, c, \dots, g 为待测样品氨基酸含量,mg/g; A, B, C, \dots, G 为全鸡蛋蛋白中同种氨基酸含量,mg/g。

1.4.5 脂肪酸含量测定。参照GB 5009.168—2016第二法,用微波萃取法提取脂肪酸,甲酯化后用气象色谱仪进行测定。

1.4.6 脂肪酸营养价值评价。根据文献^[13-14],分别计算致动脉粥样硬化指数(IA)和血栓形成指数(IT),用于评估云斑尖塘鳢肌肉脂肪酸对人类心血管疾病发生的影响。

1.5 数据处理 试验数据经Excel 2019统计分析软件进行整理统计,采用SPSS 22.0统计软件进行组间差异性分析,显著水平为0.05,结果以平均值 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示。

2 结果与分析

2.1 养殖水体中添加微生态制剂和葡萄糖对云斑尖塘鳢生长性能的影响 由表1可知,添加碳源和微生态制剂对云斑尖塘鳢的生长有明显的促进作用,表现为试验组的增重率显著高于对照组($P < 0.05$),试验组的脏体指数也显著高于对照组;肝体指数和肥满度高于对照组,但二者均与对照组差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 常规营养成分分析 由表2可知,试验组鱼体粗脂肪含量(0.47%)显著低于对照组(0.78%)($P < 0.05$);试验组灰分含量显著高于对照组($P < 0.05$),但粗蛋白质和水分含量均与对照差异不显著。

2.3 氨基酸组成及营养价值评价 由表3可知,试验组与对照组均检测出16种氨基酸,分别为必需氨基酸7种,半必需氨基酸2种和非必需氨基酸7种。结果显示,试验组与对照组各氨基酸含量均无显著性差异($P > 0.05$),其含量较高的氨基酸均包括:天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸、亮氨酸、赖氨酸、精氨酸。试验组呈味氨基酸(DAA)、非必需氨基酸(NEAA)和总氨基酸(TAA)含量均略高于对照组,必需氨基酸(EAA)含量略低于对照组,但差异不显著($P > 0.05$)。试验组和对照组必需氨基酸分别占氨基酸总量的47.90%和49.24%,均高于WHO/FAO标准(35.38%);必需氨基酸分别占非必需氨基酸的94.48%和97.33%,都比WHO/FAO推荐的蛋白模式标准

(60%)高。

表 1 微生态制剂和碳源对云斑尖塘鳢生长性能的影响 ($n=30$)

Table 1 Effect of probiotics and carbon source on growth performance of *O.marmoratus* ($n=30$)

组别 Group	初始体质 量 IBW//g	终末体质 量 FBW//g	增重率 WG//%	肥满度 CF//g/cm ³	脏体指 数 HIS//%	肝体指 数 VSI//%
对照组 Control	419.33±25.20	608.10±10.00	45.02±4.20	2.64±0.18	5.65±0.50	3.21±0.59
试验组 Treatment	417.53±19.57	642.60±8.77	53.91±3.07*	2.92±0.30	8.87±0.63*	3.53±0.33

注: * 表示与对照组差异显著 ($P<0.05$)。

Note: * means significant differences compared with the control group ($P<0.05$).

表 2 云斑尖塘鳢常规营养成分含量(湿重) ($n=5$)

Table 2 Nutritional components of muscle of *O.marmoratus* (wet weight) ($n=5$)

单位: %

指标 Parameter	水分 Moisture	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	灰分 Ash
对照组 Control	78.93±0.21	19.03±0.31	0.78±0.10	1.23±0.06
试验组 Treatment	79.03±0.06	19.13±0.15	0.47±0.12*	1.37±0.02*

注: * 表示与对照组差异显著 ($P<0.05$)。

Note: * means significant differences compared with the control group ($P<0.05$).

表 3 试验组与对照组云斑尖塘鳢肌肉氨基酸组成与含量(鲜样) ($n=5$)

Table 3 Amino acid composition and content in the muscles of *O.marmoratus* in experimental group and control group (fresh sample) ($n=5$)

单位: %

种类 Type	氨基酸 Amino acids	对照组 Control	试验组 Treatment
必需氨基酸 EAA	缬氨酸 Val	0.87±0.01	0.81±0.10
	蛋氨酸 Met	0.57±0.01	0.58±0.01
	苯丙氨酸 Phe	0.81±0.02	0.81±0.00
	异亮氨酸 Ile	0.82±0.02	0.64±0.29
	亮氨酸 Leu	1.52±0.02	1.52±0.01
	赖氨酸 Lys	1.77±0.01	1.77±0.02
	苏氨酸 Thr	0.84±0.01	0.84±0.00
	半必需氨基酸 SEAA	组氨酸 His	0.42±0.02
精氨酸 Arg		1.15±0.04	1.16±0.01
非必需氨基酸 NEAA	天冬氨酸 Asp	1.90±0.02	1.91±0.01
	谷氨酸 Glu	3.07±0.02	3.09±0.03
	丝氨酸 Ser	0.75±0.02	0.75±0.01
	甘氨酸 Gly	0.87±0.04	0.88±0.05
	丙氨酸 Ala	1.14±0.02	1.14±0.01
	酪氨酸 Tyr	0.64±0.17	0.65±0.01
	脯氨酸 Pro	0.63±0.03	0.64±0.03
	呈味氨基酸 Σ DAA		6.97±0.09
必需氨基酸 Σ EAA		8.75±0.12	8.56±0.27
非必需氨基酸 Σ NEAA		8.99±0.15	9.06±0.10
总氨基酸 Σ TAA		17.77±0.29	17.87±0.15
Σ EAA/ Σ TAA		49.24	47.90
Σ EAA/ Σ NEAA		97.33	94.48
Σ DAA/ Σ TAA		39.22	39.28

注: # 为呈味氨基酸。

Note: # was delicate amino acids.

必需氨基酸的氨基酸评分和化学评分结果见表 4。由表 4 可知, 试验组蛋氨酸的氨基酸评分和化学评分高于对照组, 其他必需氨基酸(除酪氨酸外)的 AAS、CS 和 EAAI 均小于或等于对照组。AAS、CS 结果表明, 试验组和对照组第一限制性氨基酸均为蛋氨酸, 第二限制性氨基酸均为缬氨酸。因此, 在养殖云斑尖塘鳢过程中, 可投喂富含蛋氨酸、缬氨酸的

饲料, 以提高云斑尖塘鳢的营养价值。

EAAI 可反映必需氨基酸含量与全鸡蛋白质含量的相似程度, 也是体现蛋白质消化利用率的具体指标之一^[15]。由表 4 可知, 试验组和对照组的 EAAI 分别为 1.14 和 1.10, 说明 2 组云斑尖塘鳢均属于优质蛋白源, 且试验组蛋白质的消化利用率高于对照组。

表 4 试验组与对照组云斑尖塘鳢肌肉必需氨基酸组成与评价 ($n=5$)Table 4 Essential amino acids composition and evaluation in the muscles of *O.marmoratus* in experimental group and control group ($n=5$)

必需氨基酸 EAA	对照组 Control mg/g	试验组 Treatment mg/g	FAO/WHO 模式 FAO/WHO pattern mg/g	鸡蛋蛋白模式 Egg protein pattern//mg/g	氨基酸评分 AAS		化学评分 CS	
					对照组 Control	试验组 Treatment	对照组 Control	试验组 Treatment
异亮氨酸 Ile	43.09	35.10	40	54	1.08	0.84	0.80	0.65
亮氨酸 Leu	79.70	79.46	70	86	1.14	1.14	0.93	0.92
苏氨酸 Thr	43.97	43.91	40	47	1.10	1.10	0.94	0.93
苯丙氨酸 Phe								
酪氨酸 Tyr	76.02	76.15	60	93	1.27	1.27	0.82	0.82
赖氨酸 Lys	92.84	92.70	55	70	1.69	1.69	1.33	1.32
缬氨酸 Val	45.54	43.50	50	66	0.91**	0.87**	0.69**	0.64**
蛋氨酸 Met	29.78	30.14	35	57	0.85*	0.86*	0.52*	0.53*
合计 Total	410.93	398.15	350	473				
占氨基酸总量比例 W/ΣTAA//%	44.01	42.58	35.38	48.80				
EAAI	1.10	1.14						

注: * 表示第一限制性氨基酸; ** 表示第二限制性氨基酸。

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

2.4 脂肪酸组成与营养价值评价 由表5可知,对照组

表 5 试验组与对照组云斑尖塘鳢肌肉中脂肪酸的组成与含量 ($n=5$)Table 5 Composition and contents of fatty acids in the muscle of *O.marmoratus* in experimental group and control group ($n=5$)

单位: %

序号 No.	脂肪酸 Fatty acid	对照组 Control	试验组 Treatment
1	豆蔻酸 (C14:0)	0.010±0.001	0.007±0.001*
2	棕榈酸 (C16:0)	0.099±0.008	0.077±0.001*
3	棕榈一烯酸 (C14:1)	0.014±0.002	0.009±0.001*
4	十七烷酸 (C17:0)	0.007±0.002	0.005±0.002
5	硬脂酸 (C18:0)	0.045±0.033	0.038±0.000*
6	油酸 (C18:1)	0.045±0.001	0.050±0.002*
7	亚油酸 (C18:2)	0.010±0.001	0.013±0.000*
8	二十碳四烯酸 (C20:4)	0.022±0.001	0.020±0.002
9	二十碳五烯酸 (C20:5)	0.026±0.002	0.019±0.002*
10	木焦油酸 (C24:0)	0.004±0.000	—
11	二十四碳一烯酸 (C24:1)	0.011±0.001	0.010±0.001
12	二十二碳五烯酸 (C22:5)	0.032±0.002	0.024±0.001*
13	二十二碳六烯酸 (C22:6)	0.122±0.004	0.094±0.006*
14	十五烷酸 (C15:0)	0.008±0.001	—
15	十七碳一烯酸 (C17:1)	0.012±0.001	0.001±0.002*
16	花生酸 (C20:0)	0.004±0.001	—
17	亚麻酸 (C18:3)	0.008±0.001	—
18	二十碳一烯酸 (C20:1)	0.005±0.001	—
19	二十碳二烯酸 (C20:2)	0.003±0.000	—
20	芥酸 (C22:1)	0.004±0.002	0.005±0.000
21	二十二碳二烯酸 (C22:2)	0.005±0.003	—
	饱和脂肪酸 ΣSFA//%	0.176±0.011	0.128±0.002*
	单不饱和脂肪酸 ΣMUFA//%	0.113±0.033	0.078±0.003
	多不饱和脂肪酸 ΣPUFAs//%	0.229±0.003	0.170±0.007*
	不饱和脂肪酸 ΣUFA//%	0.342±0.031	0.248±0.009*
	ΣSFA/ΣUFA	0.515	0.516
	ΣPUFAs/ΣSFA	1.301	1.328
	ΣPUFAn-3	0.188	0.137
	ΣPUFAn-6	0.032	0.033
	EPA+DHA	0.148	0.113
	ΣPUFA n-3/ΣPUFA n-6	5.875	4.152
	IA	0.320	0.340
	IT	0.024	0.026

注: 脂肪酸含量为相对含量; * 表示与对照组相比差异显著 ($P<0.05$); - 表示未检测到。Note: The result of fatty acid detection is relative content; * means significant differences from the control group ($P<0.05$); - indicates no detection.

共检测出 21 种脂肪酸, 试验组检测出 14 种。分析结果显示, 试验组饱和脂肪酸含量除十七烷酸外, 其余均显著低于对照组 ($P<0.05$); 不饱和脂肪酸除二十四碳一烯酸和十七碳一烯酸外, 其余均有显著差异 ($P<0.05$), 油酸和亚油酸含量显著高于对照组, 其他显著低于对照组 ($P<0.05$)。试验组饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量均低于对照组, 试验组与对照组脂肪酸相对含量均为 PUFAs>SFA>MUFA。试验组 n-6 系 PUFA 含量较高, 而对照组 n-3 系多不饱和脂肪酸含量较高, 其中 EPA+DHA 相对含量明显高于试验组。

3 讨论

前期研究表明, 微生态制剂具有提高水产动物增长率, 增强水产动物免疫力等方面的功能, 在渔业养殖中得到了大量的使用^[16-17]。该试验结果表明, 在水体中添加微生态制剂和碳源显著提高了云斑尖塘鳢的增重率, 说明添加上述 2 种物质对云斑尖塘鳢的生长具有明显的促进作用。这一结果与白利丹等^[18-19]的研究结果相似。

该研究表明, 添加微生物制剂和碳源可以显著降低粗脂肪含量。一般认为, 鱼肉中脂肪含量与鱼肉口感和嫩滑有关, 同时脂肪含量的上升还会导致其风味的变化^[20]。如果肌肉脂肪含量太高, 会使得鱼肉腥味加重, 食用时易出现油腻感, 使得总体感官品质下降, 难以满足人们对高品质水产品的需求。试验组粗脂肪含量比对照组显著降低, 说明添加微生物制剂和碳源一定程度上可以提升云斑尖塘鳢的肌肉品质。

肌肉的蛋白质含量决定了鱼类肌肉的营养价值, 而氨基酸是组成蛋白质基本单元, 氨基酸组成是反映蛋白质质量的一个重要指标, 氨基酸特别是必需氨基酸的组成和含量决定蛋白质的品质^[21]。该研究中添加微生物制剂和碳源鱼体总氨基酸含量、非必需氨基酸含量均比未使用上述 2 种物质的要高, 说明通过上述措施可以提高肌肉品质。肌肉中的鲜味取决于肌肉中的鲜味氨基酸组成和含量^[22]。鲜味氨基酸的含量提高, 表明添加微生物制剂提升了云斑尖塘鳢肌肉的鲜

美程度。

饲料中脂肪水平和脂肪酸含量会影响到鱼体肌肉中脂肪酸组成及含量^[23]。脂肪酸分为饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸,其中饱和脂肪酸可在动物体内合成。多数情况下,鱼类不能合成 n-3、n-6 系列的不饱和脂肪酸,因此这些不饱和脂肪酸被看作是其生长发育所必需的脂肪酸^[24]。张天任等^[25]对刺参的研究发现,水体中添加微生态制剂,可以显著减少刺参体中饱和脂肪酸的含量,这与该试验结果一致。该试验添加微生态制剂对云斑尖塘鳢肌肉不饱和脂肪酸的含量影响较大,其中 n-3 系多不饱和脂肪酸含量试验组显著低于对照组。试验组和对照组云斑尖塘鳢 Σ PUFA n-3/ Σ PUFA n-6 值分别为 4.152 和 5.875,都比 FAO/WHO 推荐的日常膳食要高得多^[26],因此,试验组与对照组云斑尖塘鳢分别可作为 n-6 系和 n-3 系多不饱和脂肪酸的补充途径之一。试验组和对照组云斑尖塘鳢肌肉中 IA 分别为 0.340 和 0.320;IT 分别为 0.026 和 0.024,比牛肉和羊肉相关指标要低得多^[27]。这说明经常食用云斑尖塘鳢,对治疗心血管疾病有较大益处。

4 结论

该试验研究了添加微生态制剂和碳源对云斑尖塘鳢生长性能及肌肉品质的影响,结果表明:在水体中添加微生态制剂和碳源显著促进了云斑尖塘鳢生长,试验组增重率比对照组提高了 19.75%;添加微生态制剂和碳源显著提高了云斑尖塘鳢肌肉中灰分含量,试验组比对照组提高了 11.38%;同时显著降低了粗脂肪含量,试验组比对照组降低了 39.74%;添加微生态制剂和碳源显著降低了云斑尖塘鳢肌肉中脂肪酸的含量($P < 0.05$),试验组饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸均显著低于对照组($P < 0.05$),其中 n-3 系多不饱和脂肪酸差异显著,降低了 37.23%。

参考文献

[1] 姚俊伟,许爱媛,潘淦,等.云斑尖塘鳢遗传多样性的 ISSR 分析[J].广东农业科学,2012,39(22):169-172.
 [2] YANG Z Y,LIANG H W,LI Z,et al.Mitochondrial genome of the marbled goby (*Oxyeleotris marmorata*) [J].Mitochondrial DNA part A:DNA mapping sequencing & analysis,2016,27(2):1073-1074.
 [3] THAKUR D P,LIN C K.Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems[J].Aquacultural engineering,2003,27(3):159-176.
 [4] FUNGE-SMITH S J,BRIGGS M R P.Nutrient budgets in intensive shrimp ponds:Implications for sustainability [J].Aquaculture,1998,164(1/2/3/

4):117-133.
 [5] STEIDL J,KALETTKA T,BAUWE A.Nitrogen retention efficiency of a surface-flow constructed wetland receiving tile drainage water:A case study from north-eastern Germany [J].Agriculture ecosystems & environment,2019,283:1-13.
 [6] 王立明.芽孢杆菌微生物制剂对黄羽肉鸡生长及养分利用情况的影响[J].现代畜牧兽医,2022(4):50-53.
 [7] 郑侠飞.微生物制剂和碳源对水产养殖环境的影响及作用机制[D].杭州:浙江大学,2017.
 [8] 艾金龙,肖淑媛.浅析微生物制剂在湖南小龙虾养殖中的应用[J].现代农村科技,2021(12):50-51.
 [9] 张优平,白海锋,李引娣,等.微生物制剂对长丰鲢苗种培育效果的影响研究[J].水产养殖,2020,41(8):39-40.
 [10] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee.Energy and protein requirement [M].Rome:FAO Nutrition Meeting Report Series,1973.
 [11] 中国疾病预防控制中心营养与食品研究所.中国食物成分表 2004:第二册[M].北京:北京大学医学出版社,2004.
 [12] 吉维舟,刘晓娜,谌芳,等.野生鲫与养殖鲫肌肉营养成分及抗氧化能力比较分析[J].广东农业科学,2017,44(6):135-138.
 [13] DINGER M T,AYDIN I.Comparing proximate composition and fatty acid profile changes of Jinga shrimps (*Metapenaeus affinis*,H.Milne Edwards,1837) after frying[J].Deutsche lebensmittel-rundschau,2016,112(12):547-552.
 [14] KÜÇÜKGÜLMEZ A,YANAR Y,ÇELİK M,et al.Fatty acids profile,atherogenic,thrombogenic,and polyene lipid indices in golden grey mullet (*Liza aurata*) and gold band goatfish (*Upeneus moluccensis*) from Mediterranean Sea [J].Journal of aquatic food product technology,2018,27(8):912-918.
 [15] LIU L W,LIANG X F,LI J,et al.Effects of supplemental phytic acid on the apparent digestibility and utilization of dietary amino acids and minerals in Juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [J].Aquaculture nutrition,2018,24(2):850-857.
 [16] 陈丽婷,吴剑峰,赵玉兵,等.零换水条件下复合益生菌对罗非鱼生长性能、肌肉品质及养殖水体环境的影响[J].广东农业科学,2022,49(4):123-134.
 [17] 陆洋,郁二蒙,谢骏,等.添加芽孢杆菌对池塘中理化因子和细菌群落结构的影响分析[J].水产学报,2020,44(1):130-141.
 [18] 白利丹,杨阳,李晓伟,等.微生态制剂对锦鲤生长及水质的影响研究[J].安徽农业科学,2014,42(26):9051-9053.
 [19] 艾炎军,邹叶茂,汤文浩,等.微生态制剂对尼罗鲈生长性能、体成分和免疫活性的影响[J].淡水渔业,2013,43(1):81-84.
 [20] 朱成科,黄辉,向泉,等.泉水鱼肌肉营养成分分析及营养学评价[J].食品科学,2013,34(11):246-249.
 [21] 李成,程小飞,洪波,等.刺鲃鱼卵营养成分分析及评价[J].动物营养学报,2016,28(7):2204-2212.
 [22] 陈玉珍,唐黎,申晓东,等.白斑狗鱼含肉率及肌肉营养成分分析[J].水产科学,2010,29(10):578-582.
 [23] TOCHER D R.Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish [J].Reviews in fisheries science,2003,11(2):107-184.
 [24] 欧红霞,王广军,李希国,等.跑道式池塘循环水养殖对宝石鲈营养成分及血清生化指标的影响[J].渔业现代化,2021,48(2):29-34.
 [25] 张天任,肖珊,王晗,等.一种复合微生态制剂对刺参体壁营养成分的影响[J].大连工业大学学报,2018,37(4):253-256.
 [26] JOANNE T.FAO/WHO consultation on dietary recommendations on total fat and fatty acids[J].Food New Zealand,2010,10(3):12-13.
 [27] 楼乔明,张问,刘连亮,等.狭鳕鱼皮脂肪酸组成分析及其营养评价[J].核农学报,2016,30(2):332-337.

(上接第 68 页)

[10] 杨楠,马东源,吴勇,等.四川雪宝顶国家级自然保护区鸟类群落结构和区系特征[J].四川动物,2019,38(5):571-575.
 [11] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴I[M].北京:科学出版社,1983.
 [12] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴II[M].北京:科学出版社,1983.
 [13] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴III[M].北京:科学出版社,1983.
 [14] 中国科学院动物研究所.中国蛾类图鉴IV[M].北京:科学出版社,1983.
 [15] 杨平之.高黎贡山蛾类图鉴[M].北京:科学出版社,2016.
 [16] 韩红香,薛大勇.中国动物志:昆虫纲 第五十四卷 鳞翅目 尺蛾科 尺蛾亚科[M].北京:科学出版社,2011.
 [17] 武春生,方承莱.中国动物志:昆虫纲 第三十一卷 鳞翅目 舟蛾科 [M].北京:科学出版社,2003.

[18] 陈一心.中国动物志:昆虫纲 第十六卷 鳞翅目 夜蛾科[M].北京:科学出版社,1999.
 [19] 朱弘复,王林瑶.中国动物志:昆虫纲 第十一卷 鳞翅目 天蛾科[M].北京:科学出版社,1997.
 [20] 方承莱.中国动物志:昆虫纲 第十九卷 鳞翅目 灯蛾科[M].北京:科学出版社,2000.
 [21] 朱弘复,王林瑶.中国动物志:昆虫纲 第五卷 鳞翅目 蚕蛾科 网蛾科[M].北京:科学出版社,1996.
 [22] 方程,任国栋,李迪,等.河北省木兰围场国家森林公园三种林型的蛾类物种多样性比较研究[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2017,48(5):538-544.
 [23] 师丹.王朗国家级自然保护区蛾类多样性研究[D].雅安:四川农业大学,2009.