DOI:10.3969/j.issn.2095-1833.2023.02.002

# 2 种盐度池塘养殖四指马鲅的肌肉营养组成分析

江梁正[1,2],王珺[1],区又君[1],周文礼[2],温久福[1],朱长波[1],李俊伟[1*],陈朝[3]

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所,农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室,广东省渔业生态环境重点实验室,广东 广州 510300; 2. 天津农学院水产学院,天津市水产生态及养殖重点实验室, 天津 300384; 3. 阳西县金源海洋生物科研有限公司,广东 阳江 529800)

**摘要**:本研究通过将同一批人工繁育的四指马鲅(*Eleutheronema tetradactylum*)鱼苗分别饲养于盐度为 7.0 和 12.0 的池塘中,比较不同养殖盐度下四指马鲅的氨基酸和脂肪酸组成,探讨 2 种盐度池塘养殖四指马鲅的肌肉营养组成,为四指马鲅池塘养殖研究提供参考。研究发现 2 种养殖水体盐度下,四指马鲅的基本营养组成、氨基酸和脂肪酸含量均未出现显著差异($P>0.05$)。四指马鲅肌肉中检测出 16 种氨基酸,谷氨酸(Glu)、天冬氨酸(Asp)、赖氨酸(Lys)和亮氨酸(Leu)含量较高,分别占总氨基酸量的 16.2%、11.1%、10.1% 和 8.7%。必需氨基酸(EAA)、非必需氨基酸(NEAA)和呈味氨基酸的含量(DAA)分别为 8.07 g/100 g、11.74 g/100 g 和 7.80 g/100 g。四指马鲅肌肉中 EAA/TAA 为 41.32%,EAA/NEAA 为 68.77%。四指马鲅肌肉不饱和脂肪酸(UFA)和多不饱和脂肪酸(PUFA)的平均含量分别为 1.90 g/100g 和 1.13 g/100g,其中 DHA 和 EPA 含量分别占脂肪酸总量范围为 5.63% 和 2.86%。结果表明养殖生产过程中的水体盐度相差 5 时对四指马鲅的营养成分无显著影响,且低盐度池塘养殖的四指马鲅营养价值稍高,表明低盐度池塘养殖四指马鲅具有较强的推广价值。[中国渔业质量与标准,2023,13(2):11-17]

**关键词**:四指马鲅;池塘养殖;氨基酸;脂肪酸;营养组成

**中图分类号**:S967 **文献标志码**:A **文章编号**:2095-1833(2023)02-0011-07

四指马鲅(*Elentheronema tetradactylum*),隶属于鲈形目、马鲅科、四指马鲅属,俗名马友、午鱼[1-2],是一种暖温、广盐性溯河洄游鱼类,主要分布于太平洋、印度洋西部以及澳大利亚西海岸,在中国东海、南海海域均有分布。四指马鲅喜栖于近海或江河入海口,捕食虾类、头足类、端足类以及小型鱼类等。四指马鲅无肋间刺,富含优质蛋白和多种不饱和脂肪酸,并且具有消食化滞、健脾胃的功效,是中国南方传统名贵海水鱼类之一。四指马鲅的规模化全人工繁育技术逐渐成熟,其池塘养殖规模逐年增加。四指马鲅养殖区主要位于广东、广西和福建沿海区域,其中,在珠三角低盐水域的养殖规模较大。目前对池塘养殖或者野生四指马鲅的病害防治[3]、亲鱼养殖与人工繁育[4]、遗传多样性[5]、个体发育[6]、养殖技术[7]、营养组成[8]及环境胁迫[9-11]等方面已有较多的研究报道。近年来,在珠三角水域开展的低盐池塘养殖四指马鲅的规模逐渐增加,不同养殖区的盐度相差 0~20,相同养殖区的不同养殖池塘内水体盐度也会相差千分之五。有研究表明不同盐度养殖条件对鱼肉营养品质会造成一定的差异[12-13]。四指马鲅属于相对较新的池塘养殖品种,然而,目前关于低盐度人工养殖四指马鲅的肌肉营养组成分析相关研究还未发现。

依据四指马鲅池塘养殖生产实际情况,本研究选择珠三角的养殖场,对在同一个养殖区内 2 种盐度池塘养殖的四指马鲅进行采样,通过检测 2 种盐度水体养殖的四指马鲅肌肉基本营养成分、氨基酸和脂肪酸组成,对其综合营养指标进行分析,旨在为四指马鲅养殖技术和推广提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 养殖试验和日常管理

养殖试验在广东省中山市四指马鲅养殖基地进

**收稿日期**:2022-08-23;**接收日期**:2023-02-15

**资助项目**:广东省科技专项(SDZX2021033);中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2022XK03,2021SD16);2022 年广东省乡村振兴战略专项资金种业振兴项目

**第一作者**:江梁正(1996-),硕士研究生,研究方向为海水养殖技术,E-mail:13802891671@139.com

**通信作者**:李俊伟,博士,副研究员,从事近海滩涂、池塘养殖生态学研究,E-mail:lijunwei303@163.com

行。选择2口不同盐度的池塘,水体盐度分别为7‰和12‰,分别记作S7和S12,在10月中旬投放鱼苗,养殖密度为75 000~82 500尾/公顷,初始鱼苗平均全长为2.50 cm,平均体重为0.44 g。12月份搭盖冬棚以提高养殖水体温度,养殖期间池塘水体盐度较为稳定。2口池塘的面积平均为0.53公顷,水深2.0~2.3 m。养殖过程中投喂同一生产厂家的高级海水鱼饲料,日投喂量为鱼体质量的5%~8%。日常管理期间,根据池塘水位情况对两口养殖池塘进行相同的进排水管理,每口池塘内均配置5台增氧机。养殖试验周期为10个月,采用搭棚方式保温时间为12月至次年5月,于次年7月初收获试验用鱼。养殖期间使用的海水鱼饲料粗蛋白含量为43.0%,粗脂肪含量为9.0%,饲料含水率为4.5%。

### 1.2 主要仪器设备

凯氏定氮仪K-360(瑞士步琪公司);马弗炉Thermo(赛默飞世尔公司);日立高速氨基酸分析仪L-8900(日立公司);气相色谱仪Agilent 6890(安捷伦公司)。

### 1.3 样品处理

养殖试验结束时,采用抛网捕鱼的方式,在每口池塘设置3个抛网点,在每个点捕获4~6尾鱼,鱼体质量为251~304 g。将每个采样点捕获的鱼作为一个重复样本。将鱼体清洗干净,并低温保存带回实验室,采集鱼体背部肌肉进行营养组成分析。采用凯氏定氮法测定肌肉蛋白质含量,通过索氏抽提法测定脂肪含量,先炭化再放入马弗炉中550 ℃灼烧测定灰分,含水量通过烘干前后的质量差值进行计算。采用GB 5009.168—2016内标法测定生物样品中的脂肪酸组成。采用GB 5009.124—2016法氨基酸分析仪测定鱼体肌肉样品中的氨基酸组成。

### 1.4 营养价值评价

将鱼体肌肉中氨基酸含量转变为每克蛋白质中氨基酸的含量与蛋白质评价的氨基酸标准模式[14]和鸡蛋蛋白质的氨基酸模式[15]进行比较,然后计算必需氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)。依据国际评分标准和全鸡蛋蛋白质评分标准,计算2种盐度水体养殖四指马鲅的必需氨酸酸评分、化学评分和必需氨基酸指数并进行评价。

$$\mathrm{AA}=\frac{T_{\mathrm{AA}}}{T_{\mathrm{P}}} \quad 式(1)$$

$$\mathrm{AAS}=\frac{\mathrm{AA}}{\mathrm{AA(FAO/WHO)}} \quad 式(2)$$

$$\mathrm{CS}=\frac{\mathrm{AA}}{\mathrm{AA(Egg)}} \quad 式(3)$$

$$\mathrm{EAAI}=n\sqrt{\frac{100A}{A\mathrm{E}}\times\frac{100B}{B\mathrm{E}}\times\frac{100C}{\mathrm{CE}}\times\cdots\times\frac{100J}{\mathrm{JE}}} \quad 式(4)$$

式中:AA为样品中氨基酸含量(mg/g);$T_{\mathrm{AA}}$为样品(湿样)中某氨基酸含量(mg/100g);$T_{\mathrm{P}}$为样品(湿样)粗蛋白质含量(g/100g);AAS为氨基酸评分;AA(FAO/WHO)为国际粮农组织/世界卫生组织对蛋白质评价的氨基酸中的标准数值;CS为化学评分;AA(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g);EAAI为必需氨基酸指数;$n$为比较的必需氨基酸数量;$A$、$B$、$C$……$J$等为四指马鲅肌肉蛋白质中必需氨基酸的含量(mg/g);AE、BE、CE等为全鸡蛋蛋白质中相应氨基酸含量(mg/g)。

### 1.4 数据分析

采用SPSS 17.0进行数据统计和分析,所得数据以"平均值±标准差"表示,不同处理组间的数据差异分析采用$t$检验,$P<0.05$为差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 四指马鲅的基本营养成分

两个不同盐度养殖条件下,四指马鲅的基本营养成分见表1,其中肌肉含水率分别为71.85%和71.87%,粗蛋白含量分别为18.66%和18.90%,粗脂肪含量分别为7.76%和8.11%,粗灰分分别为1.05%和1.12%。2个处理组间的鱼体肌肉基本营养成分无显著差异($P>0.05$)。

**表1 四指马鲅肌肉的基本营养成分(鲜重)**

**Tab.1 Nutritional composition in the muscle of *E. tetradactylum*(fresh weight)**

| 组别 Group | 水分/% Moisture | 粗蛋白质/% Crude protein | 粗脂肪/% Crude fat | 灰分/% Crude ash |
|---|---|---|---|---|
| S7 | 71.85±0.02 | 18.66±2.00 | 7.76±0.06 | 1.05±0.01 |
| S12 | 71.87±0.01 | 18.90±2.35 | 8.11±0.03 | 1.12±0.01 |

## 2.2　四指马鲅的氨基酸组成

2 个盐度(S7、S12)养殖的四指马鲅均检测出 16 种氨基酸,其中,谷氨酸(Glu)含量最高,其次为天冬氨酸(Asp)、赖氨酸 (Lys)、亮氨酸(Leu),而组氨酸(His)和蛋氨酸(Met)含量较低。2 种盐度养殖的四指马鲅氨基酸总量分别为 19.65 g/100g、19.95 g/100 g,2 个盐度组之间无显著差异($P>0.05$),各氨基酸含量之间也未出现显著差异($P>0.05$)(表 2)。

2 个盐度(S7、S12)条件养殖的四指马鲅的必需氨基酸质量分数分别为 7.995 g/100 g 和 8.150 g/100 g,非必需氨基酸含量分别为 11.690 g/100 g 和 11.790 g/100 g,呈味氨基酸(DAA)的含量分别为 7.760 g/100 g 和7.830 g/100 g,以上 3 类氨基酸在 2 组之间未出现显著差异($P>0.05$)(表 2)。必需氨基酸(EAA)占总氨基酸(TAA)的比例分别为 40.69% 和 40.85% ,其中含量较高的必需氨基酸是赖氨酸(Lys)和亮氨酸(Leu)(表 2)。2 组池塘四指马鲅肌肉中必需氨基酸占非必需氨基酸(NEAA)的比例为 68.42% 和 69.12% 。呈味氨基酸主要包括天冬氨酸(Asp)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)和谷氨酸(Glu),占总氨基酸的质量分数分别为 39.49% 和 39.25%(表 2)。

## 2.3　必需氨基酸营养价值比较

本次共检测出 16 种氨基酸,其中胱氨酸(Cys)和色氨酸(Trp)2 种氨基酸在本试验的氨基酸测定方法中没有测定。参考国际粮农组织/世界卫生组织建议的评分标准(1973)和全鸡蛋蛋白质评分标准,计算 2 个盐度条件下四指马鲅肌肉中的必需氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数。由于评分标准中的半胱氨酸和蛋氨酸含量作为一个指标,而未检测出半胱氨酸,同时评分标准中需将蛋氨酸和半胱氨酸两者共同组成为总含硫氨基酸方可评分,本次检测结果中无半胱氨酸含量,所以无法单独将蛋氨酸计入评分标准中。在各个比值计算中均去掉半胱氨酸、蛋氨酸和色氨酸的含量再进行比较。在 2 个盐度条件下(S7 和 S12),四指马鲅肌肉苯丙氨酸和酪氨酸的氨基酸评分分别是 1.42 和 1.43,异亮氨酸的评分分别是 1.23 和 1.24,亮氨酸的氨基酸评分分别是 1.31 和 1.32,缬氨酸的氨基酸评分分别为1.06 和 1.07,赖氨酸的氨基酸评分分别为 1.92 和 1.94,苏氨酸的氨基酸评分分别为 1.23 和 1.24,2 个盐度条件的四指马鲅肌肉必需氨基酸评分均未出现显著差异($P>0.05$)。S7 和 S12 组必需氨基酸的化学评分范围分别为 0.80 ~ 1.51 和 0.81 ~ 1.53,S7 和 S12 组必需氨基酸指数分别为 102.46 和 102.92。2 个处理组四指马鲅肌肉必需氨基酸的化学评分和必需氨基酸指数也未出现显著差异($P>0.05$)。

**表 2　不同盐度处理组四指马鲅的肌肉氨基酸组成**

**Tab. 2　Amino acids composition in muscle of *E. tetradactylum***　[g·(100 g)$^{-1}$]

| 氨基酸 Amino acid | S7 | S12 |
|---|---|---|
| 谷氨酸 Glu | 3.190 ± 0.032 | 3.235 ± 0.061 |
| 天冬氨酸 Asp | 2.185 ± 0.012 | 2.215 ± 0.044 |
| 赖氨酸 Lys | 1.975 ± 0.012 | 2.015 ± 0.044 |
| 亮氨酸 Leu | 1.705 ± 0.012 | 1.735 ± 0.036 |
| 丙氨酸 Ala | 1.260 ± 0.008 | 1.265 ± 0.012 |
| 精氨酸 Arg | 1.260 ± 0.001 | 1.265 ± 0.004 |
| 甘氨酸 Gly | 1.250 ± 0.012 | 1.115 ± 0.004 |
| 缬氨酸 Val | 0.990 ± 0.008 | 1.005 ± 0.020 |
| 异亮氨酸 Ile | 0.920 ± 0.008 | 0.935 ± 0.028 |
| 苏氨酸 Thr | 0.920 ± 0.009 | 0.935 ± 0.028 |
| 丝氨酸 Ser | 0.835 ± 0.012 | 0.850 ± 0.016 |
| 苯丙氨酸 Phe | 0.880 ± 0.008 | 0.90 ± 0.024 |
| 酪氨酸 Tyr | 0.710 ± 0.008 | 0.715 ± 0.020 |
| 脯氨酸 Pro | 0.645 ± 0.004 | 0.650 ± 0.008 |
| 蛋氨酸 Met | 0.605 ± 0.012 | 0.630 ± 0.004 |
| 组氨酸 His | 0.475 ± 0.004 | 0.480 ± 0.016 |
| 总氨基酸 ΣTAA | 19.650 ± 0.150 | 19.950 ± 0.367 |
| 必需氨基酸 ΣEAA | 7.995 ± 0.055 | 8.150 ± 0.179 |
| 非必需氨基酸 ΣNEAA | 11.690 ± 0.115 | 11.790 ± 0.187 |
| 呈味氨基酸 ΣDAA | 7.760 ± 0.080 | 7.830 ± 0.122 |
| 必需氨基酸/总氨基酸/% ΣEAA/ΣTAA | 40.690 ± 0.003 | 40.850 ± 0.002 |
| 必需氨基酸/非必需氨基酸/% ΣEAA/ΣNEAA | 68.420 ± 0.002 | 69.130 ± 0.004 |
| 呈味氨基酸/总氨基酸/% ΣDAA/ΣTAA | 39.490 ± 0.001 | 39.250 ± 0.001 |

注:必需氨基酸(Essential Amino Acids,EAA)由缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸组成;呈味氨基酸(Delicious Amino Acids,DAA)由谷氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸组成。

表3 低盐度养殖四指马鲅肌肉必需氨基酸组成与评价

Tab.3 Evaluation of essential amino acids in the muscle of *E. tetradactylum*

| 必需氨基酸 EAA | 国际粮农组织/世界卫生组织模式/(mg·g$^{-1}$) FAO/WHO standard | 鸡蛋蛋白模式/(mg·g$^{-1}$) Whole egg protein | S7 | | | S12 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 含量/(mg·g$^{-1}$) Content | 必需氨基酸评分 AAS | 化学评分 CS | 含量/(mg·g$^{-1}$) Content | 必需氨基酸评分 AAS | 化学评分 CS |
| 苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr | 60.00 | 93.00 | 85.21 | 1.42 | 0.92 | 85.71 | 1.43 | 0.92 |
| 异亮氨酸 Ile | 40.00 | 54.00 | 49.30 | 1.23 | 0.91 | 49.74 | 1.24 | 0.92 |
| 亮氨酸 Leu | 70.00 | 86.00 | 91.37 | 1.31 | 1.06 | 92.06 | 1.32 | 1.07 |
| 缬氨酸 Val | 50.00 | 66.00 | 53.05 | 1.06 | 0.80 | 53.44 | 1.07 | 0.81 |
| 赖氨酸 Lys | 55.00 | 70.00 | 105.84 | 1.92 | 1.51 | 106.88 | 1.94 | 1.53 |
| 苏氨酸 Thr | 40.00 | 47.00 | 49.30 | 1.23 | 1.05 | 49.74 | 1.24 | 1.06 |
| 合计 | 315.00 | 416.00 | 434.08 | | | 437.57 | | |
| 必需氨基酸/总氨基酸/% ΣEAA/ΣTAA | 31.50 | 43.10 | 40.69 | | | 40.85 | | |
| 必需氨基酸指数 EAAI | | | 102.46 | | | 102.92 | | |

## 2.4 四指马鲅的脂肪酸组成

S7和S12组四指马鲅肌肉中的十八碳二烯酸含量最高,其次为十八碳一烯酸、十六碳酸、十八碳酸和二十二碳六烯酸(表4)。S7和S12组四指马鲅肌肉脂肪酸总量分别为2.821 g/100 g和2.630 g/100 g,2组之间无显著差异($P>0.05$)。不饱和脂肪酸含量分别为1.988 g/100 g和1.818 g/100 g,占相应样品脂肪酸总量的70.40%和69.10%。饱和脂肪酸含量分别为0.848 g/100 g和0.825 g/100 g,分别占脂肪酸总量的30.05%和31.36%。单不饱和脂肪酸含量分别为0.812 g/100 g和0.734 g/100 g,分别占各样品脂肪酸总质量分数的28.78%和27.91%。多不饱和脂肪酸含量分别为1.176 g/100 g和1.084 g/100 g,均占各样品脂肪酸总质量分数的41.68%和41.46%(表4)。

# 3 讨论

## 3.1 2种盐度池塘养殖四指马鲅的氨基酸组成与营养评价

鱼体肌肉氨基酸组成是评价鱼体肌肉营养价值的重要指标,其中鲜味氨基酸是鱼肉风味呈现的重要组成部分[16]。本研究发现,2种盐度池塘养殖四指马鲅肌肉中含有常见的16种氨基酸,2种盐度氨基酸平均总量占肌肉样品鲜重的19.80%,与卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*,20.62%)[17]、黄鳍棘鲷(*Acanthopagrus latus*,18.27%)[16]、多鳞四指马鲅(*Eleutheronema rhadinum*,17.83%)[18]和珍珠龙胆石斑鱼

表4 四指马鲅肌肉脂肪酸组成

Tab.4 Fatty acids composition in the muscle of *E. tetradactylum* [g·(100 g$^{-1}$)]

| 脂肪酸 Fatty acid | S7 | S12 |
|---|---|---|
| 十一烷酸 C11:0 | 0.101±0.006 | 0.101±0.001 |
| 十四烷酸 C14:0 | 0.067±0.013 | 0.068±0.024 |
| 十五烷酸 C15:0 | 0.008±0.008 | 0.007±0.002 |
| 十六烷酸 C16:0 | 0.581±0.140 | 0.564±0.188 |
| 棕榈一烯酸 C16:1 | 0.108±0.024 | 0.105±0.039 |
| 十七烷酸 C17:0 | 0.011±0.001 | 0.011±0.003 |
| 十八烷酸 C18:0 | 0.153±0.037 | 0.148±0.044 |
| 油酸 C18:1 | 0.677±0.159 | 0.600±0.208 |
| 亚油酸 C18:2 | 0.839±0.183 | 0.733±0.255 |
| α-亚麻酸 C18:3n3 | 0.093±0.019 | 0.084±0.030 |
| 花生酸 C20:0 | 0.011±0.001 | 0.011±0.003 |
| 二十碳烯酸 C20:1 | 0.021±0.005 | 0.020±0.006 |
| 二十碳二烯酸 C20:2 | 0.012±0.002 | 0.011±0.003 |
| 二十碳四烯酸 C20:4n6 | 0.020±0.002 | 0.021±0.005 |
| 山嵛酸甲酯 C22:0 | 0.007±0.000 | 0.006±0.001 |
| 二十碳五烯 C20:5n3(EPA) | 0.070±0.011 | 0.077±0.025 |
| 木蜡酸 C24:0 | 0.006±0.001 | 0.007±0.001 |
| 二十四碳一烯酸 C24:1 | 0.006±0.000 | 0.006±0.002 |
| 二十二碳六烯酸 C22:6n3(DHA) | 0.137±0.024 | 0.151±0.040 |
| ΣFA | 2.821 | 2.630 |
| ΣUFA | 1.988 | 1.818 |
| ΣPUFA | 1.176 | 1.084 |
| EPA | 0.070 | 0.077 |
| DHA | 0.137 | 0.151 |

注:ΣFA为总脂肪酸,ΣUFA为不饱和脂肪酸,ΣPUFA为多不饱和脂肪酸,EPA为多不饱和脂肪酸(C20:5n-3),DHA为多不饱和脂肪酸(C22:6n-3)。

(*Epinephelus fuscoguttatus* × *Epinephelus Lanceolatus*, 17.14%)[19]肌肉中的氨基酸总量相近,高于鲟(*Acipenser sinensis*, 14.83%)[20]、美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*, 14.59%)[21]和大黄鱼(*Larimichthys crocea*, 12.98%)[22]等水产动物,表明 2 种盐度池塘养殖的四指马鲅肌肉氨基酸种类丰富。

四指马鲅肌肉中检测到 7 种必需氨基酸(Lys、Leu、Val、Ile、Thr、Phe、Met),其中赖氨酸含量最高,有研究发现,赖氨酸是鱼类获得较好生长性能的必需氨基酸之一[23],表明养殖饲料中的赖氨酸基本满足四指马鲅生长需求,而其肌肉中的蛋氨酸含量较低,可能与饲料中的蛋氨酸缺乏有一定关系。四指马鲅肌肉必需氨基酸含量为 7.995 g/100 g 和 8.150 g/100 g,分别占总氨基酸的 40.69% 和 40.85%,与美国红鱼(40.58%)[21]、多鳞四指马鲅(40.58%)[18]和珍珠龙胆石斑鱼(39%)[19]等相当,略高于卵形鲳鲹(37.97%)[17]和大黄鱼(37%)[22]的必需氨基酸含量,低于黄鳍棘鲷[16](41.75%)和鲟(45.38%)[20],表明珠三角地区的低盐池塘养殖的四指马鲅具有较高的营养价值。呈味氨基酸主要包括谷氨酸(Glu)、天冬氨酸(Asp)、甘氨酸(Gly)和丙氨酸(Ala)[24]。四指马鲅肌肉中的呈味氨基酸含量分别为 7.760 g/100 g 和 7.830 g/100 g,占总氨基酸范围为 39.49% 和 39.25%。四指马鲅肌肉中呈味氨基酸的质量分数与美国红鱼(43.33%)[21]、黄鳍棘鲷(43.62%)[16]、大黄鱼(37.90%)[22]和卵形鲳鲹(37.29%)[17]相当,略高于多鳞四指马鲅(36.95%)[18]和鲟(34.94%)[20]。本研究中的四指马鲅呈味氨基酸含量较高,可能是其含有独特风味的主要原因之一。谷氨酸是呈味氨基酸的重要组成,在海水鱼肌肉中的谷氨酸含量比较高。以往研究发现卵形鲳鲹和大黄鱼等海水鱼中谷氨酸占总氨基酸含量为 11.74% ~ 14.95%[17,20,22],本研究发现四指马鲅肌肉中的谷氨酸含量为16.22% ~ 16.23%,高于其他几种鱼类,可能是影响四指马鲅肌肉鲜味的主要因素之一。

参考 FAO/WHO 的理想模式标准,当必需氨基酸占总氨基酸的比例达到 40%,与非必需氨基酸的比值达到 60% 时,可认为其为优质蛋白质来源[25]。本研究 2 种盐度四指马鲅肌肉中 EAA/TAA 平均值为 40.77%, EAA/NEAA 平均值为 68.78%,均符合 FAO/WHO 所规定的优质蛋白质标准,表明池塘养殖的四指马鲅营养价值较高。依据四指马鲅的肌肉必需氨基酸评分、化学评分和必需氨基酸指数,得出 2 个处理组的必需氨基酸评分为 1.06 ~ 1.94,化学评分为 0.80 ~ 1.53,均属于较高的评分水平。与 FAO/WHO 氨基酸模式和全鸡蛋氨基酸模式中的同种氨基酸含量相比,四指马鲅必需氨基酸占总氨基酸的 40.69%、40.85%,高于 FAO/WHO 评分模式的 31.50%,与全鸡蛋白蛋白质模式 43.10% 相近[14-15]。同时,四指马鲅肌肉必需氨基酸指数分别为 102.46 和 102.92,高于标准值(85),说明池塘养殖的四指马鲅能提供优质的蛋白质。根据 AAS 和 CS 标准,评分数值最低的氨基酸种类为第一限制性氨基酸,倒数第二的评分数值氨基酸种类为第二限制性氨基酸,可知本研究中 S7 和 S12 四指马鲅的第一限制性氨基酸为缬氨酸,S7 的第二限制性氨基酸为异亮氨酸,S12 的第二限制性氨基酸为异亮氨酸和苯丙氨酸 + 酪氨酸。因此,在饲料中添加缬氨酸、异亮氨酸将有助于提高四指马鲅的生长性能。

## 3.2　低盐度池塘养殖四指马鲅的脂肪酸组成

四指马鲅脂肪含量较高,其口感细腻、味道鲜美,深受消费者喜爱。本研究四指马鲅肌肉共检测出 19 种脂肪酸,总脂肪酸含量为 2.726 g/100 g,其中不饱和脂肪酸总量为 1.903 g/100 g,占脂肪酸总量的 69.82%,高于黄鳍棘鲷(55.45%)和珍珠龙胆石斑鱼(48.4%)的不饱和脂肪酸含量[16,19],与郭海波等[8]对四指马鲅不饱和脂肪酸含量的研究结果相近(73.63%)。研究发现,不同生长规格的海水鱼具有不同的多不饱和脂肪酸含量,如四指马鲅(33.99%)[8]、黄鳍棘鲷(33.30%)[16]、珍珠龙胆石斑鱼(30.95%)[19]、多鳞四指马鲅(23.50%)[18]、卵形鲳鲹(22.45%)[17]和大菱鲆(*Scophthalmus maximus*,59.14%)[26]等均表现出不同的含量,本研究中四指马鲅肌肉的多不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 41.46%,表明养殖试验收获的四指马鲅在多不饱和脂肪酸组成方面具有营养优势。值得注意的是,本研究养殖的四指马鲅具有较高含量的亚油酸(28.84%),高于其他海水鱼类如大菱鲆(24.61%)[26]、卵形鲳鲹(14.2%)[14]、尖吻鲈(*Lates niloticus*, 10.75%)[27]、匙吻鲟(*Polyodon spathula*, 8.09%)[28]和珍珠龙胆石斑鱼(5.28%)[19],表明四指马鲅可为人体提供较高水平的必需脂肪酸。亚油酸作为人体必需脂肪酸之一,其具有独特生理功能的同时也能提高人体免疫能力[29]。由于四指马鲅具有快速游泳、代谢速率高等特征,亚油酸含量高可能也与四指马鲅的生理代谢有关,需要开展深入研究。研究发现,四

指马鲅的DHA和EPA含量也属于中高水平,四指马鲅肌肉中DHA占脂肪酸总量的5.31%,高于卵形鲳鲹(4.34%)[17]和尖吻鲈(2.13%)[27],低于珍珠龙胆石斑鱼(12.39%)[19]、多鳞四指马鲅[18](11.10%)和黄鳍棘鲷(8.40%)[16]。本研究四指马鲅的EPA占脂肪酸总量的2.70%,高于以往研究的野生四指马鲅(2.35%)[8]、黄鳍棘鲷(1.78%)[16]、卵形鲳鲹(1.06%)[17]和尖吻鲈(0.97%)[27],低于珍珠龙胆石斑鱼(7.01%)[19]、大菱鲆(6.14%)[26]和多鳞四指马鲅(3.19%)[18]。综合氨基酸和脂肪酸组成特征,低盐度池塘养殖的四指马鲅具有更高的营养价值。

# 4 结论

通过氨基酸和脂肪酸组成以及必需氨基酸评分等分析发现,低盐度池塘养殖的四指马鲅营养品质较高,在养殖过程中水体盐度相差5时对其营养成分无显著影响。四指马鲅耐盐范围较广,可以在低盐度水域开展更大规模的养殖生产。

**参考文献:**


[1] Wang J J, Sun P, Yin F. Low mtDNA Cytb diversity and shallow population structure of *Eleutheronema tetradactylum* in the East China Sea and the South China Sea[J]. Biochem Syst Ecol, 2014, 55:268 - 274.

[2] 孙典荣, 陈铮. 南海鱼类检索[M]. 北京: 海洋出版社, 2013: 380 -382.

[3] 李俊伟, 区又君, 温久福, 等. 四指马鲅春季病害案例分析[J]. 水产养殖, 2021, 42 (9): 67 -68.

[4] 区又君, 谢木娇, 李加儿, 等. 广东池塘培育四指马鲅亲鱼初次性成熟和苗种规模化繁育技术研究[J]. 南方水产科学, 2017, 13 (4): 97 -104.

[5] 刘奇奇. 操作及低温胁迫对四指马鲅幼鱼组织结构和抗氧化系统的影响[D]. 上海:上海海洋大学,2017.

[6] 谢木娇, 区又君, 温久福, 等. 四指马鲅胚胎发育观察[J]. 应用海洋学学报, 2016, 35(3): 405 -411.

[7] 李俊伟, 区又君, 温久福,等. 室内循环水和池塘养殖四指马鲅的生长性能及形态性状与体质量的相关性研究[J]. 南方水产科学, 2020, 16 (1): 27 -35.

[8] 郭海波, 吴益春, 罗海军, 等. 四指马鲅鱼的营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(1): 88 -92.

[9] 罗海忠, 李伟业, 傅荣兵, 等. 盐度对四指马鲅(*Eleutheronema tetradactylum*)幼鱼生长及其鳃丝 $Na^+/K^+$ -ATP 酶的影响[J]. 渔业科学进展, 2015, 36 (2): 94 -99.

[10] 齐明. 多鳞四指马鲅幼鱼盐度适应性调节机制[D]. 舟山:浙江海洋学院, 2014.

[11] 张琴星. 多鳞四指马鲅幼鱼的盐度适应性研究[D]. 上海:上海海洋大学, 2013.

[12] 康自强. 盐度胁迫对星洲红鱼生长、消化酶和免疫因子活性及肌肉品质的影响[D]. 厦门:集美大学, 2014.

[13] 黄伟卿, 张艺, 王晓晓,等. 低盐养殖大黄鱼肌肉营养成分分析[J]. 水产科技情报, 2019, 46(6): 301 -307.

[14] Adeyeye E I. The comparison of the amino acids profiles of whole eggs of duck, francolin and turkey consumed in nigeria[J]. Global journal of science frontier research, 2013, 13(3):10 -20.

[15] Seligson F H, Mackey L N. Variable predictions of protein quality by chemical score due to amino acid analysis and reference pattern. [J]. J Nutr, 1984, 114(4): 682 -91.

[16] 翟哲, 冯建祥, 高珊珊, 等. 生态浮床对养殖水产品中重金属含量和肌肉品质的影响[J]. 水产学报, 2017, 41(1): 88 -98.

[17] 戴梓茹, 钟秋平, 林美芳, 等. 金鲳鱼营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2013,34 (1): 347 -350.

[18] 黄桂云. 多鳞四指马鲅肌肉营养成分分析及幼鱼消化道组织学的研究[D]. 上海:上海海洋大学, 2012.

[19] 王际英, 张德瑞, 马晶晶, 等. 珍珠龙胆石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 海洋湖沼通报, 2015, (4):61 -69.

[20] 黄攀, 王文秋, 宫臣, 等. 大型鲟鱼不同部位肌肉的营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 162 -168.

[21] 刘世禄, 王波, 张锡烈, 等. 美国红鱼的营养成分分析与评价[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 25 -32.

[22] 郭全友, 邢晓亮, 姜朝军, 等. 野生和养殖大黄鱼(*Larimichthys crocea*)品质特征与差异性探究[J]. 现代食品科技, 2019, 35(10): 92 -101.

[23] 杜强. 卵形鲳鲹赖氨酸和蛋氨酸需求量及饲料中鱼粉替代的研究[D]. 上海:上海海洋大学, 2012.

[24] 苏换换, 马冬梅, 朱华平, 等. 云斑尖塘鳢与线纹尖塘鳢杂交种肌肉营养成分分析[J]. 水产科学, 2021, 41(2):258 -265.

[25] 蒋湘辉, 杨培民. 大洋河刀鲚繁殖前后肌肉营养成分分析[J]. 水产科学, 2021, 40(6): 835 -842.

[26] 毕清竹. 大菱鲆脂肪和脂肪酸品质及其营养调控[D]. 上海:上海海洋大学, 2021.

[27] 朱健, 闵宽洪, 张成锋, 等. 尼罗尖吻鲈鱼肉营养成分的测定及评价[J]. 营养学报, 2007, 29 (1): 97

–98.

[28] 吉红, 孙海涛, 单世涛, 等. 池塘与网箱养殖匙吻鲟肌肉营养成分及品质评价[J]. 水产学报, 2011, 35(2): 261–267.

[29] 杨明, 施永海, 徐嘉波, 等. 2 种养殖模式下草鱼肌肉营养成分的比较分析[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2021, 40(4): 312–321.

# Nutritional composition of *Eleutheronema tetradactylum* cultured in two different salinities

JIANG Liangzheng[1,2], WANG Jun[1], OU Youjun[1], ZHOU Wenli, WEN Jiufu[1], ZHU Changbo[1], LI Junwei[1*], CHEN Chao[3]

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangzhou 510300, China; 2. College of Fishery Science, Tianjin Agricultural University; Tianjin Key Laboratory of Aqua–Ecology and Aquaculture, Tianjin 300384, China; 3. Yangxi Jinyuan Marine Biological Research Co., Ltd., Yangjiang 529800, China)

**Abstract**: In this study, the same batch of artificially bred *Eleutheronema tetradactylum* were reared in ponds with a salinity of 7.0 and 12.0 respectively, and the amino acid and fatty acid compositions of *E. tetradactylum* were compared, to explore the nutritional composition in the muscle of *Eleutheronema tetradactylum* cultured in two sets of salinity pond, and the results can be used in the culture of *E. tetradactylum* pond. The same batch of juvenile *E. tetradactylum* were cultured in the low salinity water (7, 12), and the amino acid and fatty acid compositions of *E. tetradactylum* were analyzed. In this study, we found three phenomena, the first is there were no significant differences in the body composition, amino acid and fatty acid content of *E. tetradactylum* between the two groups ($P > 0.05$), the second is 16 amino acids were detected in the muscle of *E. tetradactylum*. The contents of glutamate (Glu), aspartic acid (ASP), lysine (Lys) and leucine (Leu) were rich in the samples, accounting for 16.2%, 11.1%, 10.1% and 8.7% of the total amino acids, respectively. Moreover, the contents of essential amino acid (EAA), Non–essential amino acids (NEAA) and delicious amino acids (DAA) were 8.07 g/100g, 11.74 g/100g and 7.80 g/100g, respectively. The EAA/TAA and EAA/NEAA of the two sets of salinity in the muscle of *E. tetradactylum* respectively are 0.407 and 0.797, the last is, contents of unsaturated fatty acids (UFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the muscle were 1.90 g/100g and 1.13 g/100g, respectively. DHA and EPA accounted for 5.63% and 2.86% of the total fatty acids, respectively. The results indicate that small difference in salinity will not significantly affect the nutritional compostion in muscle of *E. tetradactylum*. However, the nutritive value of *E. tetradactylum*. cultured in brackish pond was slightly higher, indicating that *E. tetradactylum* cultured in low salinity has more nutritional and promotion value. [Chinese Fishery Quality and Standards, 2023, 13(2): 11–17]

**Key words**: *Eleutheronema tetradactylum*; pond culture; amino acid; fatty acid; nutritional component

**Corresponding author**: LI Junwei, E–mail: lijunwei303@163.com

(责任编辑:杨臻)