

## 池塘与网箱养殖匙吻鲟肌肉营养成分及品质评价

吉红<sup>1,2,3\*</sup>, 孙海涛<sup>1</sup>, 单世涛<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学安康水产试验示范站, 陕西 安康 725000;

3. 西北农林科技大学水产科学研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 对池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉营养成分及营养品质进行了比较研究。结果表明, 池塘组肌肉粗蛋白和粗灰分含量高于网箱组 ( $P < 0.05$ ), 粗脂肪含量低于网箱组 ( $P < 0.05$ ); 池塘组和网箱组肌肉必需氨基酸构成比例均符合 FAO/WHO 的标准, 必需氨基酸中都是赖氨酸 (Lys) 含量最高; 池塘组鲜味氨基酸总量 ( $\Sigma$ DAA) 低于网箱组 ( $P < 0.05$ ); 根据氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS), 池塘组和网箱组的第一限制性氨基酸均为缬氨酸 (Val) 和蛋氨酸 + 半胱氨酸 (Met + Cys); 池塘组  $\Sigma$ MUFA 含量高于网箱组 ( $P < 0.05$ ), 而  $\Sigma$ SFA 和  $\Sigma$ PUFA 含量低于网箱组 ( $P > 0.05$ ); 池塘组  $\Sigma n-3$ PUFAs/ $\Sigma n-6$ PUFA 值低于网箱组 ( $P < 0.05$ ), 后者是前者的 4.6 倍; 池塘组 EPA + DHA 值低于网箱组 ( $P < 0.05$ )。研究表明, 网箱组匙吻鲟更符合人类健康饮食的要求, 具有较高的营养价值。

**关键词:** 匙吻鲟; 营养成分; 营养品质; 氨基酸; 脂肪酸; 池塘; 网箱

**中图分类号:** S 965

**文献标识码:** A

匙吻鲟 (*Polyodon spathula*) 隶属鲟形目 (*Acpenseriformes*) 匙吻鲟科 (*Polyodontidae*) 匙吻鲟属 (*Polyodon*), 为现存匙吻鲟科仅有的两个物种之一 (另一个物种为中国的白鲟 *Psephurus gladius*)<sup>[1]</sup>, 主要分布于北美洲的密西西比河和密苏里河流域, 是滤食浮游动物的肉食性鱼类 (zooplanktivores)。匙吻鲟鱼肉和鱼卵皆为席上珍品, 市场前景十分广阔。目前我国已有十多个省市进行匙吻鲟的人工养殖<sup>[2]</sup>, 养殖模式主要有投饵养殖、不投饵养殖以及人工增殖放流等<sup>[3]</sup>。投饵养殖产量大, 但养殖成本较高, 不投饵养殖则具有相反的特点, 两种模式下匙吻鲟的肉质品质存在一定差异。

养殖与野生鱼类相比, 肌肉纹理比较松软, 风味比较淡<sup>[4]</sup>; 在营养组成, 口感及物理化学特性等方面也存在显著不同, 如肌肉的营养组成及品质等, 而影响这些性质的主要因素之一是鱼类的食物组成<sup>[5]</sup>。因此, 对野生和养殖鱼类肌肉组成和品质

的评价, 可以为了解肌肉营养成分与环境及饵料之间的关系及饵料的开发提供理论依据<sup>[6]</sup>。有关匙吻鲟肌肉营养成分的分析和营养评价已有研究<sup>[7-9]</sup>, 但不同养殖模式对匙吻鲟肌肉营养成分的影响尚未见报道。考虑到网箱不投饵养殖方式与自然环境生长条件有一定的相近之处, 且国内外市场上尚无匙吻鲟专用配合饲料, 本研究对池塘投饵和网箱不投饵养殖匙吻鲟的肌肉营养成分及营养品质进行了比较, 旨在为匙吻鲟养殖模式及饲料的开发提供参考资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料来源及样品处理方法

池塘组和网箱组随机取 8 尾健康活泼的 1 龄匙吻鲟作为试验材料。池塘组匙吻鲟来源于西北农林科技大学安康水产试验示范站, 养殖期间投喂生鱼商品配合饲料 (粗蛋白 39% ~ 42%,  $\Phi 1.5 \sim 2.0$  mm); 网箱组匙吻鲟来源于陕西省安

收稿日期: 2010-08-17 修回日期: 2010-12-09

资助项目: 西北农林科技大学安康水产试验示范站建设项目

通讯作者: 吉红, E-mail: jihong0405@hotmail.com

康市瀛湖库区的不投饵养殖网箱,规格 456.4 ~ 585.4 g。试验鱼为安康水产试验示范站培育的同一批苗种在不同养殖模式下养殖而成。

每尾鱼单侧头后至尾柄前去皮、去骨肌肉混合后作为一个待测样品, -20 °C 保存备用。

### 1.2 营养成分测定方法

肌肉测定指标包括一般营养成分(水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分),氨基酸和脂肪酸;一般营养成分每组测定 8 个样品,氨基酸和脂肪酸每组测定 3 个样品;每个样品 3 个重复。

干物质测定采用恒温烘干法(105 ± 2) °C;蛋白质测定采用凯氏定氮法;脂肪测定采用索氏抽提法;灰分测定采用马福炉灼烧法(550 °C)。

氨基酸测定采用盐酸水解法。取 105 °C 恒温干燥样品 50 mg,用 6 mol/L 的盐酸于 110 °C 下水解 22 h。过滤、定容至 50 mL,取 0.5 mL 真空干燥制作成样品。使用氨基酸自动分析仪(BECKMAN®, 121 MB, USA)测定样品氨基酸组成及比例。

脂肪酸测定时称取适量的肌肉样品,放入组织捣碎机中搅碎,真空干燥,干燥样品用苯-石油醚(1:1 体积比)提取脂肪后,用 0.4 mol/L 氢氧化钾-甲醇液酯化 30 min,然后热水浴浓缩,加水分层。上层液使用气相色谱法检测分析,并按面积归一化法计算脂肪酸各组分含量。气相色谱条件:起始柱温 180 °C,以 8 °C/min 程序升温至 240 °C 直至所有组分全部流出,进样口离子源温度 230 °C,载气为高纯 N<sub>2</sub>,流量 35 mL/min。

### 1.3 营养评价方法

根据 FAO/WHO 1973 年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI)<sup>[9]</sup>:

$$AAS = \frac{aa}{AA(\text{FAO/WHO})}; \quad CS = \frac{aa}{AA(\text{Egg})}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100H}{HE}}$$

式中, *aa* 为试验样品氨基酸含量(%); *AA*(FAO/WHO)为 FAO/WHO 评分标准模式中同种氨基酸含量(%); *AA*(Egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%); *n* 为比较的必需氨基酸数; *A, B, C, …, H* 为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸含量(% , dry); *AE, BE, CE, …, HE* 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量(% , dry)。

### 1.4 数据统计与分析

描述性统计值用平均值 ± 标准差表示(mean ± SD);使用 SPSS 17.0 软件中的独立样本 *T* 检验对数据进行分析;显著性水平为 *P* < 0.05。

## 2 结果

### 2.1 一般营养成分

池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪和粗灰分的含量见表 1。池塘组和网箱组肌肉水分含量无显著差异(*P* > 0.05);池塘组粗蛋白和粗灰分含量显著高于网箱组(*P* < 0.05),而粗脂肪含量显著低于网箱组(*P* < 0.05)。

表 1 池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉一般营养成分

Tab.1 Proximate composition in muscle of the pond and cage groups

|                | mean ± SD, <i>n</i> = 8, %, fresh weight |                   |               |               |
|----------------|--|-------------------|---------------|---------------|
|                | 水分 moisture                              | 粗蛋白 crude protein | 粗脂肪 crude fat | 粗灰分 crude ash |
| 池塘组 pond group | 77.35 ± 0.89                             | 19.00 ± 1.50      | 2.70 ± 1.05   | 1.50 ± 0.26   |
| 网箱组 cage group | 79.45 ± 1.84                             | 16.88 ± 1.42*     | 3.42 ± 1.30*  | 1.16 ± 0.12*  |

注: \* 表示差异显著(*P* < 0.05)。下表同。

Notes: \* means in the same row are significant difference at *P* < 0.05. And it is the same in the following tables.

### 2.2 氨基酸组成及营养品质评价

氨基酸组成 池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉氨基酸的组成见表 2。共测出 17 种常见氨基酸(Trp 因酸解未检测出),包括 7 种必需氨基酸(EAA, Thr、Val、Met、Phe、Ile、Leu 和 Lys),2 种半必需氨基酸(HEAA, His 和 Arg)和 8 种非必需氨基酸(NEAA, Asp、Glu、Ser、Gly、Ala、Tyr、Cys 和 Pro)。结果显示,池塘组 Ser 含量显著低于网箱

组(*P* < 0.05),其余 16 种氨基酸含量差异不显著(*P* > 0.05)。组间肌肉氨基酸总量(ΣTAA),必需氨基酸总量(ΣEAA),非必需氨基酸总量(ΣNEAA),EAA/TAA 和 EAA/NEAA 均差异不显著(*P* > 0.05)。网箱组中鲜味氨基酸(ΣDAA)含量显著高于池塘组(*P* < 0.05)。池塘组和网箱组中测得的 17 种氨基酸都是 Glu 含量最高,分别是 10.66% 和 11.65%,其次均是 Lys, Asp, Leu 和

Arg;Cys 的含量最少,分别是0.55%和0.46%。  
营养品质评价 将表2中的数据换算成每  
克蛋白中含氨基酸毫克数后,与FAO/WHO 建议

的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸  
模式进行比较,并分别计算出池塘组和网箱组匙  
吻鲟的AAS、CS和EAAI(表3)。

表2 池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉氨基酸组成

Tab.2 Amino acid contents in muscle of the pond and cage groups

| mean $\pm$ SD, n = 3, %, dry weight |                   |                   |                     |                   |                   |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| 氨基酸<br>amino acids                  | 池塘组<br>pond group | 网箱组<br>cage group | 氨基酸<br>amino acids  | 池塘组<br>pond group | 网箱组<br>cage group |
| aspartic acid( Asp)                 | 5.91 $\pm$ 0.04   | 6.74 $\pm$ 0.34   | Leucine( Leu)       | 5.01 $\pm$ 0.56   | 5.46 $\pm$ 0.15   |
| glutamic acid( Glu)                 | 10.7 $\pm$ 0.67   | 11.6 $\pm$ 0.34   | Phenylalanine( Phe) | 2.12 $\pm$ 0.67   | 2.92 $\pm$ 0.08   |
| Glycine( Gly)                       | 3.31 $\pm$ 0.46   | 3.03 $\pm$ 0.04   | Lysine( Lys)        | 6.25 $\pm$ 0.60   | 6.76 $\pm$ 0.54   |
| Alanine( Ala)                       | 3.71 $\pm$ 0.22   | 4.10 $\pm$ 0.06   | Histidine( His)     | 2.48 $\pm$ 0.42   | 2.62 $\pm$ 0.07   |
| Proline( Pro)                       | 2.77 $\pm$ 0.42   | 2.44 $\pm$ 0.05   | Arginine( Arg)      | 4.22 $\pm$ 0.65   | 4.34 $\pm$ 0.08   |
| Cysteine( Cys)                      | 0.55 $\pm$ 0.10   | 0.46 $\pm$ 0.03   | $\Sigma$ TAA        | 62.2 $\pm$ 2.23   | 66.6 $\pm$ 0.63   |
| Tyrosine( Tyr)                      | 2.28 $\pm$ 0.20   | 2.59 $\pm$ 0.14   | $\Sigma$ EAA        | 23.9 $\pm$ 0.92   | 25.8 $\pm$ 0.33   |
| Threonine( Thr)                     | 2.80 $\pm$ 0.19   | 3.06 $\pm$ 0.21   | $\Sigma$ HEAA       | 6.70 $\pm$ 0.86   | 6.96 $\pm$ 0.14   |
| Serine( Ser)                        | 2.47 $\pm$ 0.14   | 2.84 $\pm$ 0.04*  | $\Sigma$ NEAA       | 31.7 $\pm$ 1.50   | 33.8 $\pm$ 0.31   |
| Valine( Val)                        | 3.19 $\pm$ 0.70   | 2.88 $\pm$ 0.90   | $\Sigma$ DAA        | 23.6 $\pm$ 0.65   | 25.5 $\pm$ 0.17*  |
| Methionine( Met)                    | 1.87 $\pm$ 0.38   | 1.72 $\pm$ 0.41   | EAA/TAA             | 0.38              | 0.39              |
| Isoleucine( Ile)                    | 2.66 $\pm$ 0.40   | 2.98 $\pm$ 0.47   | EAA/NEAA            | 0.76              | 0.76              |

注: $\Sigma$ TAA表示氨基酸总和; $\Sigma$ EAA表示必需氨基酸总和; $\Sigma$ HEAA表示半必需氨基酸总和; $\Sigma$ NEAA表示非必需氨基酸总和; $\Sigma$ DAA表示鲜味氨基酸总和。

Notes: $\Sigma$ TAA is total amino acids;  $\Sigma$ EAA is total essential amino acids;  $\Sigma$ HEAA is total half-essential amino acids;  $\Sigma$ NEAA is total non-essential amino acids;  $\Sigma$ DAA is total delicious amino acids.

表3 池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉氨基酸分,化学分及必需氨基酸指数

Tab.3 Comparative analysis of AAS,CS and EAAI between the pond and cage groups

| mg/g, on protein basis |                                |                   |                   |                   |                   |                   |
|------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 氨基酸<br>amino acids     | 氨基酸/蛋白质<br>amino acids/Protein |                   | AAS               |                   | CS                |                   |
|                        | 池塘组<br>pond group              | 网箱组<br>cage group | 池塘组<br>pond group | 网箱组<br>cage group | 池塘组<br>pond group | 网箱组<br>cage group |
| Thr                    | 42                             | 41                | 1.06              | 1.03              | 0.94              | 0.92              |
| Val                    | 48                             | 38                | 0.96              | 0.77              | 0.89              | 0.72              |
| Met + Cys              | 36                             | 29                | 1.04              | 0.84              | 0.77              | 0.63              |
| Phe + Tyr              | 67                             | 74                | 1.12              | 1.24              | 0.78              | 0.87              |
| Ile                    | 40                             | 40                | 1.01              | 1.01              | 0.82              | 0.83              |
| Leu                    | 76                             | 74                | 1.09              | 1.06              | 1.15              | 1.12              |
| Lys                    | 95                             | 91                | 1.73              | 1.67              | 1.44              | 1.39              |
| EAAI                   | 82.4                           | 77.8              |                   |                   |                   |                   |

注:AAS表示氨基酸分;CS表示化学分;EAAI表示必需氨基酸指数。

Notes:AAS is amino acid scores; CS is chemical scores; EAAI is essential amino acids index.

AAS结果显示,池塘组和网箱组都是Lys最高,其次是Phe + Tyr,最低是Ile和Val。根据CS,都是Lys最高,其次为Leu;池塘组中最低为Met + Cys,其次是Phe + Tyr;网箱组中最低为Met + Cys,其次为Val。因而根据AAS,池塘组和网箱组的第一、第二限制性氨基酸都分别是Val

和Ile;根据CS,池塘组和网箱组的第一限制性氨基酸都是Met + Cys,而第二限制性氨基酸分别是Phe + Tyr和Val。

### 2.3 脂肪酸组成

池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉脂肪酸组成及含量比较见表4。除C12:0和C20:1n-11两种脂肪酸

仅池塘组检测出外,其它 24 种脂肪酸两组都检测出,并且含量存在较大差异:除 C16:0、C16:1n-7、C18:0 和 C22:6n-3(DHA)4 种脂肪酸,其余 20 种脂肪酸含量差异显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P <$

0.01)。两组中 $\Sigma$ SFA 和 $\Sigma$ PUFA 含量差异不显著( $P > 0.05$ ),分别是 30.86% 和 33.89%,18.03% 和 21.84%;池塘组 $\Sigma$ MUFA 含量(47.44%)显著高于网箱组(39.89%)( $P < 0.05$ )。

表 4 池塘和网箱养殖匙吻鲟肌肉脂肪酸组成  
Tab. 4 Fatty acid composition in muscle of the pond and cage groups  
mean  $\pm$  SD,  $n = 3$ , %, total fatty acid methyl esters

| 脂肪酸<br>fatty acids | 池塘组<br>pond group | 网箱组<br>cage group  | 脂肪酸<br>fatty acids | 池塘组<br>pond group | 网箱组<br>cage group  |
|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| C12:0              | 0.04 $\pm$ 0.00   | ND                 | C20:2n-6           | 0.53 $\pm$ 0.01   | 1.88 $\pm$ 0.20 ** |
| C14:0              | 2.50 $\pm$ 0.16   | 5.06 $\pm$ 0.54 ** | C20:3n-6           | 0.08 $\pm$ 0.00   | 0.39 $\pm$ 0.03 ** |
| C14:1              | 0.092 $\pm$ 0.05  | 0.74 $\pm$ 0.11 ** | C20:4n-6(AA)       | 0.27 $\pm$ 0.00   | 1.23 $\pm$ 0.13 ** |
| C15:0              | 0.26 $\pm$ 0.01   | 0.72 $\pm$ 0.06 ** | C20:5n-3(EPA)      | 2.27 $\pm$ 0.24   | 4.39 $\pm$ 0.46 ** |
| C16:0              | 25.49 $\pm$ 0.63  | 24.54 $\pm$ 1.18   | C22:1n-11          | 0.13 $\pm$ 0.00   | 0.26 $\pm$ 0.04 *  |
| C16:1n-7           | 7.36 $\pm$ 0.71   | 8.62 $\pm$ 0.39    | C22:1n-9           | 0.09 $\pm$ 0.00   | 0.29 $\pm$ 0.01 ** |
| C17:0              | 0.33 $\pm$ 0.02   | 0.74 $\pm$ 0.09 *  | C21:5n-3           | 0.14 $\pm$ 0.00   | 1.43 $\pm$ 0.20 ** |
| C18:0              | 1.81 $\pm$ 0.41   | 2.28 $\pm$ 0.20    | C22:5n-3           | 1.08 $\pm$ 0.07   | 1.94 $\pm$ 0.23 *  |
| C18:1n-9           | 37.0 $\pm$ 0.38   | 24.7 $\pm$ 1.43 ** | C22:6n-3(DHA)      | 4.88 $\pm$ 1.16   | 6.50 $\pm$ 0.71    |
| C18:1n-7           | 1.20 $\pm$ 0.10   | 4.33 $\pm$ 0.39 ** | $\Sigma$ SFA       | 30.9 $\pm$ 0.58   | 33.7 $\pm$ 1.46    |
| C18:2n-6(LA)       | 8.09 $\pm$ 0.12   | 0.24 $\pm$ 0.02 ** | $\Sigma$ MUFA      | 47.4 $\pm$ 1.24   | 39.9 $\pm$ 1.19 *  |
| C18:3n-6           | 0.37 $\pm$ 0.01   | 0.32 $\pm$ 0.01 ** | $\Sigma$ PUFA      | 18.0 $\pm$ 0.11   | 21.8 $\pm$ 2.12    |
| C19:0              | 0.21 $\pm$ 0.00   | 0.32 $\pm$ 0.04 *  | n-3PUFAs           | 8.74 $\pm$ 0.07   | 17.8 $\pm$ 1.74 *  |
| C18:3n-3(ALA)      | 0.92 $\pm$ 0.02   | 2.76 $\pm$ 0.13 ** | n-6PUFAs           | 9.29 $\pm$ 0.05   | 4.06 $\pm$ 0.39 ** |
| C18:4n-3           | 0.33 $\pm$ 0.02   | 0.76 $\pm$ 0.04 ** | n-3/n-6            | 0.94 $\pm$ 0.00   | 4.38 $\pm$ 0.12 ** |
| C20:1n-11          | 0.19 $\pm$ 0.00   | ND                 | EPA + DHA          | 6.33 $\pm$ 0.05   | 10.9 $\pm$ 1.17 *  |
| C20:1n-9           | 1.53 $\pm$ 0.01   | 0.97 $\pm$ 0.09 ** | EPA + DHA/n-6      | 0.68 $\pm$ 0.00   | 2.68 $\pm$ 0.11 ** |

注:ND 表示未检出;SFA 表示饱和脂肪酸;MUFA 表示单不饱和脂肪酸;PUFA 表示多不饱和脂肪酸。

Notes:ND is no detected; SFA is saturated fatty acids; MUFA is monounsaturated fatty acids; PUFA is polyunsaturated fatty acids.

池塘组中 EPA 和 DHA 含量的总和显著低于网箱组( $P < 0.05$ );(EPA + DHA)/n-6PUFAs 极显著低于网箱组( $P < 0.01$ ),后者是前者的 3.9 倍。池塘组 $\Sigma$ n-6PUFAs 含量显著高于网箱组( $P < 0.01$ ),而 $\Sigma$ n-3PUFAs 结果相反,池塘组显著低于网箱组( $P < 0.01$ );网箱组 $\Sigma$ n-3PUFAs/ $\Sigma$ n-6PUFAs 值是池塘组的 4.6 倍,差异极显著( $P < 0.01$ )。

### 3 讨论

#### 3.1 一般营养成分

本研究中,池塘组匙吻鲟肌肉粗蛋白含量高于董宏伟等<sup>[7]</sup>和陈静等<sup>[8]</sup>研究中肌肉粗蛋白的含量,网箱组肌肉蛋白含量与陈静等<sup>[8]</sup>研究中规格为 300 g 的匙吻鲟肌肉粗蛋白含量相似,低于本研究中池塘组匙吻鲟肌肉粗蛋白含量。与规格相似的其它鲟鳇鱼相比,池塘组肌肉粗蛋白含量高于中华鲟(*Acipenser sinensis*, 16.88%)<sup>[10]</sup>、达氏鳇(*Huso*

*dauricus*, 18.25%)<sup>[10]</sup>和俄罗斯鲟(*Acipenser guldenstadti*, 15.00%)<sup>[11]</sup>,低于施氏鲟(*Acipenser schrenckii*, 20.23%, 19.60%)<sup>[10,12]</sup>、杂交鲟(*H. dauricus* ♀ × *A. schrenckii* ♂, 19.46%)<sup>[9]</sup>和史氏鲟(*Acipenser schrenckii*, 21.39%)<sup>[13]</sup>;网箱组肌肉粗蛋白含量低于俄罗斯鲟(*Acipenser guldenstadti*, 19.18%)<sup>[10]</sup>和小体鲟(*Acipenser ruthenus*, 21.72%)<sup>[10]</sup>。

池塘和网箱组肌肉粗脂肪含量均小于 5%,且低于董宏伟等<sup>[7]</sup>和沈硕等<sup>[9]</sup>研究中匙吻鲟肌肉脂肪含量。池塘组肌肉脂肪含量与陈静等<sup>[8]</sup>的研究中规格为 300 g 的匙吻鲟肌肉脂肪含量相近,而网箱组脂肪含量与规格为 600 g 的含量相近。大多数鱼类在养殖条件下较野生状态具有较高的脂肪含量,原因是配合饲料的高效性,饲料原料组成(能量原料水平高)以及养殖鱼比较低的能量消耗<sup>[14-16]</sup>。而本研究中池塘组肌肉粗脂肪

含量低于网箱组,可能与匙吻鲟本身的特性以及所使用的非匙吻鲟专用饲料有关。

研究认为,鱼肌肉营养成分的含量与其生存环境、饵料成分、生长期等均存在密切的关系<sup>[6]</sup>。本研究试验鱼为同一批鱼种,处于同一生长期,因此可以认为,生存环境和饵料成分是造成池塘与网箱养殖肌肉营养成分含量不同的主要原因。

### 3.2 氨基酸组成及营养评价

池塘组与网箱组匙吻鲟肌肉氨基酸含量和比例基本一致,其数值与陈静等<sup>[8]</sup>和沈硕等<sup>[9]</sup>的研究结果相似;与其他鲟鳇鱼<sup>[10]</sup>及某些硬骨鱼类相比,如湘华鲮(*Sinilabeo decorus*)<sup>[17]</sup>和舌虾虎鱼(*Glossogobius giuris*)<sup>[18]</sup>等,也具有相近的氨基酸组成比例。由此可见,大多数鱼类的肌肉蛋白质在氨基酸组成比例上具有一个基本的规律或模式,这与尹洪滨等<sup>[10]</sup>的结论一致。

蛋白质的营养价值必须依据氨基酸的含量和组成,特别是8种人体必需氨基酸含量的高低和构成比例进行评价。根据FAO/WHO的氨基酸标准模式,质量较好的蛋白质其组成氨基酸的EAA/TAA为0.40左右,EAA/NEAA在0.60以上<sup>[18]</sup>。池塘组和网箱组EAA/TAA分别为0.38和0.39,EAA/NEAA都是0.76,表明两种养殖模式下所养殖的匙吻鲟肌肉氨基酸平衡效果较好,属于优质蛋白质。

赖氨酸(Lys)最重要的生理功能是参与体蛋白的合成,与动物生长密切相关,被称之为“生长性氨基酸”<sup>[6]</sup>。池塘组和网箱组肌肉Lys的含量均为必需氨基酸中含量最高的氨基酸,并超过FAO/WHO氨基酸标准模式,分别为后者的1.73倍和1.67倍。这对于以谷物为主的膳食者来说,可以弥补谷物食品中Lys的不足,从而提高人体对蛋白质的利用率<sup>[13]</sup>。

动物蛋白质的鲜美程度取决于其鲜味氨基酸(Glu、Asp、Gly、Ala)的组成与含量。鲜味氨基酸中的Glu、Asp为呈鲜味的特征氨基酸,其中Glu的鲜味最强;而Gly、Ala是呈甘味的特征氨基酸<sup>[13]</sup>。池塘组鲜味氨基酸总量显著低于网箱组( $P < 0.05$ )。因此,从理论上讲,网箱组肌肉鲜味程度优于池塘组。

### 3.3 脂肪酸组成

有关匙吻鲟肌肉脂肪酸的研究尚未见报道。本研究中池塘组和网箱组肌肉脂肪酸组成和比例

差异显著,总体而言,池塘组MUPA含量较高,而网箱组PUFA含量较高,同野生和养殖中华鲟(*Acipenser sinensis*)<sup>[6]</sup>、黑鲈(*Dicentrarchus labrax*)<sup>[14-16]</sup>等肌肉脂肪酸的组成比较结果相似。与其他鲟鳇鱼相比,匙吻鲟肌肉SFA含量高于高首鲟(*Acipenser transmontanus*)<sup>[19]</sup>、意大利鲟(*Acipenser naccarii*)<sup>[19]</sup>、西伯利亚鲟(*Acipenser baeri*)<sup>[17]</sup>和杂交鲟(*Acipenser naccarii* × *A. baerii*)<sup>[20]</sup>;池塘组MUFA含量高于上述4种鲟,而网箱组MUFA含量高于杂交鲟(*Acipenser naccarii* × *A. baerii*)而低于其它3种鲟;两组中PUFA含量均低于以上4种鲟。

从表4可以看出,池塘组肌肉脂肪酸中C18:3n-3(ALA)、C18:4n-3、C20:5n-3(EPA)、C21:5n-3、C22:5n-3及C22:6n-3(DHA)的比例均低于网箱组,表明网箱养殖中,匙吻鲟摄食的天然饵料中可能n-3PUFA比例较高,这同野生与养殖黑鲈(*Dicentrarchus labrax*)肌肉脂肪酸含量的研究结果一致<sup>[14-15]</sup>。

脂肪是加热产生香气成分不可缺少的物质,尤其是高含量的PUFA能显著地增加香味,同时一定程度上反映肌肉的多汁性<sup>[13]</sup>。饮食中高水平的n-6PUFA可引起诸多健康障碍,而n-3PUFA可在一定程度上消除n-6PUFA的不良效应<sup>[19]</sup>。近年来研究表明,n-3系列的EPA和DHA,具有降低血清甘油三酯和胆固醇的作用;对抑制血小板聚集,人体抗血栓,抗动脉硬化有显著疗效,是人及动物生长发育所必需的脂肪酸<sup>[21]</sup>。本研究中,网箱组肌肉EPA和DHA的比例均高于池塘组,表明不投饵养殖匙吻鲟具有更高的食用价值和保健作用。一般认为,饲料脂肪酸的含量及组成可直接影响鱼类肌肉脂肪酸的含量及组成<sup>[22]</sup>,因此,通过选择合适的油脂原料,改变饲料油脂中n-3PUFA的含量,可以完善养殖匙吻鲟肌肉n-3PUFA的比例,以提高其食用价值和保健作用。

## 4 结论

两种养殖模式下,匙吻鲟肌肉必需氨基酸组成相对平衡,均属于优质蛋白质,但池塘组鲜味氨基酸总量显著低于网箱组。池塘组肌肉粗脂肪总量、n-3PUFA/n-6PUFA比例、EPA + DHA总量均显著低于网箱组。因此,可以认为网箱不投饵养

殖的匙吻鲟具有较好的食用价值和保健作用。建议匙吻鲟人工饲料研制过程中应注意氨基酸平衡及多不饱和脂肪酸的比例。

西北农林科技大学安康水产试验示范站张宝林老师,动物科技学院曹福余和李杰同学在样品采集时给予了帮助,在此表示衷心的感谢!

#### 参考文献:

- [1] PENG Z G, ARNE L, WANG D Q, *et al.* Age and biogeography of major clades in sturgeons and paddlefishes [J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2007, 42: 854 - 862.
- [2] JI H, WANG C Z. China's limited paddlefish culture focused on meat production [J]. *Global Aquaculture Advocate*, 2009, July/August: 30 - 32.
- [3] 熊邦喜,梅新海,戴泽贵. 匙吻鲟引进中国 20 年概述 [J]. *淡水渔业*, 2008, 38(5): 70 - 73.
- [4] JOHNSTON I A, LI X J, VIEIRAI L A, *et al.* Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon [J]. *Aquaculture*, 2006, 256: 323 - 336.
- [5] GONZÁLEZ S, FLICKA G J, O'KEEFE S F, *et al.* Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*) [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2006, 19: 720 - 726.
- [6] 宋超,庄平,章龙珍. 野生及人工养殖中中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较 [J]. *动物学报*, 2007, 53(3): 502 - 510.
- [7] 董宏伟,韩志忠,康志平,等. 匙吻鲟含肉率及肌肉营养成分分析 [J]. *淡水渔业*, 2007, 37(4): 49 - 51.
- [8] 陈静,梁银铨,黄道明,等. 不同生长阶段匙吻鲟肌肉成分的研究 [J]. *水生态杂志*, 2008, 1(1): 65 - 68.
- [9] 沈硕,周继成,赵思明,等. 匙吻鲟的营养成分及肌肉营养评价 [J]. *营养学报*, 2009, 31(3): 295 - 297.
- [10] 尹洪滨,孙中武,孙大江,等. 6 种养殖鲟鳇鱼肌肉营养成分的比较分析 [J]. *大连水产学院学报*, 2004, 19(4): 92 - 96.
- [11] 杨太有,彭仁海,赵道全. 俄罗斯鲟肌肉营养成分的分析 [J]. *水产科学*, 2005, 24(4): 15 - 17.
- [12] 户业丽,程波,余东良,等. 施氏鲟鱼肉营养成分的分析 [J]. *食品研究与开发*, 2006, 27(4): 167 - 169.
- [13] 汪婷婷,刘海芳,孙永欣,等. 史氏鲟及几种鱼类肌肉营养成分分析 [J]. *黑龙江水产*, 2006, 4: 9 - 10.
- [14] ANA F, ISABEL F S, JUAN A S, *et al.* Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality [J]. *Food Chemistry*, 2010, 119: 1514 - 1518.
- [15] ALASALVARA C, TAYLORA K D A, ZUBCOV E, *et al.* Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition [J]. *Food Chemistry* 2002, 79: 145 - 150.
- [16] GRIGORAKIS K. Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review [J]. *Aquaculture*, 2007, 272: 55 - 75.
- [17] 梁志强,李传武,欧燎原,等. 湘华鲮肌肉营养成分分析与评价 [J]. *营养学报*, 2009, 31(4): 411 - 413.
- [18] 庄平,宋超,章龙珍. 舌虾虎鱼肌肉营养成分与品质的评价 [J]. *水产学报*, 2010, 34(4): 559 - 564.
- [19] BADIANI A, ANFOSSI P, FIORENTINI L, *et al.* . Nutritional composition of cultured sturgeon (*Acipenser* spp.) [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1996, 9: 171 - 190.
- [20] ANTONINO M V, GASPARE B, CONCETTA M M, *et al.* Fatty acid composition of a cultured sturgeon hybrid (*Acipenser naccarii* × *A. baerii*) [J]. *Food Chemistry*, 2005, 93: 627 - 631.
- [21] 李全阳,岳永生,张庆朝. 赤鳞鱼脂肪酸组分分析及营养价值的初步评定 [J]. *营养学报*, 1994, 16(2): 223 - 225.
- [22] HANSEN J, BERGE G M, HILLESTAD M, *et al.* Apparent digestion and apparent retention of lipid and fatty acids in Atlantic cod (*Gadus morhua*) fed increasing dietary lipid levels [J]. *Aquaculture*, 2008, 284: 159 - 166.

## Evaluation of nutrient components and nutritive quality of muscle between pond-and cage-reared paddlefish (*Polyodon spathula*)

JI Hong<sup>1,2,3\*</sup>, SUN Hai-tao<sup>1</sup>, SHAN Shi-tao<sup>2</sup>

(1. College of Animal and Technology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Fisheries Experimental and Demonstration Station, Northwest A & F University, Ankang 725000, China;

3. Fisheries Research Institute, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** A comparative study was conducted on muscle nutritional component and nutritive quality between pond-and cage-reared paddlefish *Polyodon spathula*. Pond-reared fish were fed with commercial diet while those of cage-reared ones took natural diet, i. e., zooplankton. The results showed that pond group contained significantly ( $P < 0.05$ ) higher crude protein and crude ash and lower crude fat than cage group. The constitutional rate of essential amino acids met the Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO) standards and the content of Lys was highest in essential amino acids in both pond and cage groups. The content of total delicious amino acids ( $\sum$  DAA) in pond group was significantly lower than that of cage group ( $P < 0.05$ ). According to nutrition evaluation in amino acids score (AAS) and chemical score (CS), the first limited amino acids were Val and Met + Cys in both pond and cage groups. The content of  $\sum$  MUFA in pond group was significantly higher than those of cage group ( $P < 0.05$ ), while contents of  $\sum$  SFA and  $\sum$  PUFA were lower than that of cage group ( $P > 0.05$ ). The percentages of  $\sum n-3$ PUFAs/ $\sum n-6$ PUFA and EPA + DHA in pond group were significantly lower than those of cage group ( $P < 0.05$ ). It is concluded that paddlefish reared with natural diet could be considered to be higher valued fish for human beings than that fed with commercial feed.

**Key words:** *Polyodon spathula*; nutritional component; nutritive quality; amino acids; fatty acids; pond; cage

**Corresponding author:** JI Hong. E-mail: jihong0405@hotmail.com