

美洲鲈产后雌雄亲本肌肉营养成分比较

邓平平 施永海* 徐嘉波 刘永士 蒋飞 袁新程

上海市水产研究所 上海 200433

摘要: 为全面分析评估美洲鲈 (*Alosa sapidissima*) 产后雌雄亲本肌肉营养价值及差异, 运用生化分析方法对产后雌雄亲本肌肉的一般营养成分、氨基酸和脂肪酸进行营养成分测定和对比分析。结果显示, 雌鱼肌肉粗蛋白含量显著低于雄鱼肌肉粗蛋白含量 ($P < 0.05$); 雌鱼肌肉粗脂肪含量显著高于雄鱼肌肉粗脂肪含量 ($P < 0.05$); 肌肉中水分和粗灰分在雌雄鱼之间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。美洲鲈产后亲本背部肌肉检测出 18 种氨基酸, 除甘氨酸和胱氨酸含量外, 雌鱼肌肉各种氨基酸含量显著低于雄鱼中含量 ($P < 0.05$)。根据氨基酸评分 (AAS), 产后雌鱼第一和第二限制性氨基酸分别为缬氨酸和色氨酸, 产后雄鱼第一和第二限制性氨基酸分别为色氨酸和缬氨酸。根据化学评分 (CS), 产后雌雄亲本第一限制性氨基酸为色氨酸、第二限制性氨基酸为蛋氨酸与胱氨酸组合。雌性亲本和雄性亲本必需氨基酸指数分别为 81.60 和 82.64。在检出的 11 种脂肪酸中, 硬脂酸 (C18:0)、花生酸 (C20:0)、棕榈亚酸 (C16:1) 和亚麻酸甲酯 (C18:3n) 在雌雄亲本肌肉中含量均有显著性差异 ($P < 0.05$)。雌鱼肌肉中二十碳五烯酸 (C20:5n3, EPA)、二十二碳六烯酸 (C22:6n3, DHA) 和多不饱和脂肪酸 (Σ PUFA) 的平均含量比雄鱼高。美洲鲈产后亲本肌肉营养价值较低, 且雌鱼肌肉营养价值比雄鱼更低。建议改善美洲鲈亲本的饲养条件和管理, 作好亲本强化培育工作。

关键词: 美洲鲈; 产后亲本; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2020) 03-393-08

Analysis on Nutritive Compositions of Muscle in Postpartum Parents of *Alosa sapidissima*

DENG Ping-Ping SHI Yong-Hai* XU Jia-Bo LIU Yong-Shi JIANG Fei YUAN Xin-Cheng

Shanghai Fisheries Research Institute, Shanghai 200433, China

Abstract: To comprehensively understand the nutritional value of postpartum parents of *Alosa sapidissima*, We investigated the basic nutritional compositions, amino acid and fatty acid by biochemical analysis methods. The experimental data were statistically compared with variance analysis. The data of amino acid and fatty acid compositions and contents in fodder were listed in Table 1. The results showed that the crude protein

基金项目 上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2014)第7-1-9], 上海市科学技术委员会重点攻关项目(No. 16391900400), 上海市长江口主要经济水生动物人工繁育工程技术研究中心项目(No. 13DZ2251800), 上海市农业领军人才项目(沪委办2018-60号);

* 通讯作者, E-mail: yonghais@163.com;

第一作者介绍 邓平平, 男, 工程师; 研究方向: 水产动物繁育及育种; E-mail: kokou365@sohu.com。

收稿日期: 2019-12-11, 修回日期: 2020-03-22 DOI: 10.13859/j.cjz.202003014

content was significantly lower in the female parent than in the male parent ($P < 0.05$, Table 2), while the crude fat content was significantly higher in the female parent than in the male parent ($P < 0.05$, Table 2). There was no significant difference in the contents of moisture and ash between the female and male ($P > 0.05$, Table 2). Eighteen kinds of amino acids were detected in postpartum parents, and the amino acid content was significantly lower in the female parent than in the male parent ($P < 0.05$, Table 3) except for glycine and cystine. The contents of total amino acids, essential amino acids, half-essential amino acids, non-essential amino acids and delicious amino acids were significantly lower in the female parent than in the male parent ($P < 0.05$, Table 3). Based on the amino acid scores, the first and second limited amino acids of female parent were valine and tryptohan, respectively, but the first and second limited amino acids of male parent were tryptohan and valine, respectively (Table 4). Based on the chemical scores, the first limited amino acid of postpartum parents was tryptohan, and the second limited amino acids were methionine and cystine (Table 4). The essential amino acid indexes (EAAI) were 81.60 and 82.64, respectively in female parent and male parent (Table 4), while Their F values were 2.20 and 2.23, respectively (Table 4). Eleven kinds of fatty acids were detected in postpartum parents. There were significant difference in the contents of C18:0, C20:0, C16:1 and C18:3n between the female and male ($P < 0.05$, Table 5). The average contents of docosahexenoic acid (DHA), eicosapentaenoic acid (EPA) and $\omega 3$ poly unsaturated fatty acids (Σ PUFA) in female parent were much lower than in male parent. In conclusion, the nutritive value of muscle in postpartum parents of *A. sapidissima* was at a low level, the nutritional value of male parent muscle was better than that of female parent. The data are important for improving the feeding conditions and management of *A. sapidissima* parents and for their intensive culture.

Key words: *Alosa sapidissima*; Postpartum parent; Nutritive component; Amino acids; Fatty acids

美洲鲈 (*Alosa sapidissima*) 隶属鲱形目 (Clupeiformes) 鲱科 (Clupeidae) 西鲱属, 自然分布于北美大西洋西岸河流及海洋中。美洲鲈属于生殖洄游性鱼类, 肉味鲜美、生长快、经济价值较高, 是替代长江鲈 (*Tenualosa reevesii*) 的优选食材 (邓平等 2017)。

随着世界人口不断增加和生活水平的不断提高, 人类对优质蛋白质的需求也在不断增加, 而水产品是优质蛋白质食物的一个重要来源, 它们具有高蛋白、低脂肪及矿物质元素丰富等特点 (杨洋等 2014), 深受广大消费者喜爱。目前科研工作者已对不同规格美洲鲈肌肉营养成分进行分析与评价 (顾若波等 2007, 郭永军等 2010, 洪孝友等 2013), 研究了美洲鲈雌鱼性腺发育时部分组织粗脂肪和脂肪酸变化 (Gao et al. 2019), 并对美洲鲈卵黄和卵黄苗营养成分变化 (Liu et al. 2018) 进行探索。本

研究拟通过对美洲鲈产后雌雄亲本肌肉营养成分进行比较分析, 了解美洲鲈繁殖生物学特性, 为美洲鲈亲本强化和产后雌雄亲本分类处理提供指导。

1 材料与方法

1.1 材料

美洲鲈样本皆为2016年7月上海市水产研究所奉贤科研基地培育苗种, 经过近2年的养殖, 2018年4月以雌雄约1:1的比例组成产卵群体在淡水水体中培育。雌鱼体长 (34.48 ± 1.70) cm、体重 (479.47 ± 113.11) g ($n = 9$); 雄鱼体长 (33.42 ± 4.58) cm、体重 (378.67 ± 71.22) g ($n = 9$)。产卵池为半径约5 m的圆形池水泥池, 产卵池侧旁配备集污池, 两池底部通过直径10 cm PVC管道连通, 循环泵设置在集污池中。产卵池底部设置微孔增氧管, 使

水中溶解氧高于 5 mg/L。配备空气能制冷机、遮荫膜和尼龙大棚将水温控制在 17 ~ 19 °C。美洲鲈亲本从 2018 年 5 月 4 日开始产卵, 至 7 月 31 日产卵结束。产卵期间每天投喂浮性膨化饲料(明辉牌), 饲料氨基酸和脂肪酸组成检测结果见表 1, 每次投喂 3 ~ 5 min 后美洲鲈不再浮出水面摄食停止投喂。每 4 d 换水 2/3, 换水时清洗集污池。

1.2 取样方法

美洲鲈采用半人工繁殖方式, 不进行人工催产, 自繁产卵, 将收集的卵单独孵化培育。美洲鲈雌雄鱼亲本各随机选择 3 尾亲本, 取背部肌肉组成混合成一个样品, 雌雄各选取 3 个样品。取样前先测量体长和体重, 然后小心去除体表鳞片, 擦干鱼体体表水分, 用解剖刀和解剖剪取出部分背部肌肉。在冰浴条件下完成整个取样操作, 制备好的背部肌肉样品置于 -20 °C 条件下保存待测。测样前, 剪碎肌肉样品并真空冷冻干燥直至恒重, 将碾磨充分的样品混匀后随机分成两份, 分别用于一般营养成分和氨基酸、脂肪酸的测定。

1.3 检测方法

按照真空冻干法测定水分含量(施永海等 2019); 按照 GB/T 5009.4-2003 灼烧法(550 °C)测定粗灰分的含量; 按照 GB/T 5009.5-2016 凯氏定氮法测定粗蛋白含量; 按照 GB5009.6-2016 测定粗脂肪的含量; 按照 GB/T18246-2000 盐酸水解法提前处理, 使用日立 L-8900 氨基酸自动分析仪测定氨基酸含量(色氨酸除外), 按照 GB/T18246-2000 中的盐酸水解法处理样品, 然后采用反向高效色谱法测定色氨酸含量; 按 GB5009.168-2016 使用 Agilent 6890 型气相色谱仪测定脂肪酸含量。

1.4 实验鱼投喂饲料的营养组成

饲料中一般营养成分组成为, 水分 12.0%、粗蛋白 44.0%、粗脂肪 6.0%、粗灰分 15.0%。使用 1.3 方法检测繁殖期间投喂饲料的氨基酸和脂肪酸组成及含量(表 1)。

表 1 饲料中氨基酸和脂肪酸组成和含量

Table 1 The compositions and contents of amino acids and fatty acid in fodder

氨基酸 Amino acid	绝对含量 (%) Absolute amount	脂肪酸 Fatty acid	相对含量 (%) Relative content
赖氨酸 Lysine	2.80	C16:0	13.64
色氨酸 Tryptophan	0.00	C17:0	0.11
苯丙氨酸 Phenylalanine	1.85	C18:0	4.61
蛋氨酸 Methionine	0.81	C20:0	0.37
苏氨酸 Threonine	1.59	C22:0	0.36
异亮氨酸 Isoleucine	1.83	C16:1	0.04
亮氨酸 Leucine	3.72	C17:1	0.07
缬氨酸 Valine	1.82	C18:1n9c	23.37
组氨酸 Histidine	1.02	C20:1n9	0.58
精氨酸 Arginine	2.23	C18:2n6t	0.40
谷氨酸 Glutamic acid	6.44	C18:2n6c	45.34
天冬氨酸 Aspartic acid	3.89	C18:3n6	0.59
丝氨酸 Serine	1.66	C18:3n3	5.33
甘氨酸 Glycin	2.45	C20:2	0.32
丙氨酸 Alanine	2.40	C20:3n6	0.30
胱氨酸 Cystine	0.43	C20:4n6	0.22
酪氨酸 Tyrosine	0.85	C22:2	0.15
脯氨酸 Proline	1.89	C20:5n3	1.10
氨基酸总量 Total amino acids	37.64	C22:6n3	1.94

1.5 营养品质评价方法

根据联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO)对必需氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸模式进行氨基酸评分(amino acid score, AAS)(滕静等 2016)和化学评分(chemical score, CS)(李玉琪等 2015), 并统计必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)(郝淑贤等 2007)和 F 值(庄平等 2008, 唐雪等 2011)。其中, 第一限制性氨基酸是指样品中必需氨基酸经过 AAS 或 CS 评分后, 分值最小的氨基酸。

$$a = (A / P)6.25 \cdot 1000 \quad (1)$$

$$S_{AA} = a / A_{FAO/WHO} \quad (2)$$

$$S_C = a / A_{Egg} \quad (3)$$

$$I_{EAA} = \sqrt[n]{\frac{100A}{E_A} \times \frac{100B}{E_B} \times \frac{100C}{E_C} \times \dots \times \frac{100H}{E_H}} \quad (4)$$

$$F = \text{支链氨基酸/芳香族氨基酸} \quad (5)$$

式(1)中, a 为样品中某种必需氨基酸的氮含量, 即每克样品中该必需氨基酸的氮含量 (mg/g), A 和 P 为干样中氨基酸含量及粗蛋白含量; 式(2)中, $A_{FAO/WHO}$ 为 FAO/WHO 评分标准模式中同种必需氨基酸标准含量 (%); 式(3)中, A_{Egg} 为全鸡蛋蛋白质中同种必需氨基酸标准含量 (%); 式(4)中, A 、 B 、 C ...、 H 为样品蛋白质的必需氨基酸含量 (%), E_A 、 E_B 、 E_C ...、 E_H 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量 (%), n 为比较的必需氨基酸种类数目; 式(5)中, 支链氨基酸为亮氨酸、缬氨酸与异亮氨酸之和, 芳香族氨基酸为酪氨酸与苯丙氨酸之和。

1.6 数据处理和统计

所有数据用平均值 ± 标准差表示。数据是百分数, 先采用反正弦函数转换, 再用 SPSS 17.0 进行独立样本 t 检验 (independent samples t test) 分析产后雌雄鱼检测指标, 以 $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 一般营养成分

美洲鲈产后雌雄亲本肌肉中的水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量见表 2。 t 检验结果表

表 2 美洲鲈产后亲本肌肉一般营养成分
($n = 3$, 鲜重基础, %)

Table 2 Common nutrient compositions in muscle of postpartum parents of *Alosa sapidissima*
($n = 3$, fresh weight basis, %)

样品 Sample	水分 Moisture	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Crude ash
雌性 Female	79.33 ± 4.50 ^a	13.77 ± 0.30 ^a	5.22 ± 0.53 ^b	1.53 ± 0.12 ^a
雄性 Male	79.68 ± 1.00 ^a	16.59 ± 0.19 ^b	2.40 ± 0.28 ^a	1.61 ± 0.04 ^a

同列中标注不同小写字母数据间差异显著 ($P < 0.05$)。

Mean values within a column followed by different letters were significantly different ($P < 0.05$).

明, 美洲鲈肌肉粗蛋白含量雌鱼显著低于雄鱼 ($P < 0.05$), 而肌肉粗脂肪含量则雌鱼显著高于雄鱼 ($P < 0.05$), 肌肉中水分和粗灰分含量在雌雄间没有显著性差异。

2.2 氨基酸组成

在美洲鲈产后雌雄亲本肌肉中都检测出 18 种常见氨基酸 (表 3), 产后亲本肌肉氨基酸

表 3 美洲鲈产后亲本肌肉氨基酸组成及含量
($n = 3$, 干重基础, %)

Table 3 Amino acid compositions and contents in muscle of postpartum parent of *Alosa sapidissima*
($n = 3$, dry weight basis, %)

氨基酸 Amino acid	雌 Female	雄 Male
赖氨酸 Lysine	5.97 ± 0.25 ^a	7.66 ± 0.07 ^b
色氨酸 Tryptophan	0.62 ± 0.03 ^a	0.70 ± 0.03 ^b
苯丙氨酸 Phenylalanine	2.88 ± 0.10 ^a	3.52 ± 0.06 ^b
蛋氨酸 Methionine	1.96 ± 0.09 ^a	2.46 ± 0.05 ^b
苏氨酸 Threonine	2.80 ± 0.08 ^a	3.56 ± 0.06 ^b
异亮氨酸 Isoleucine	2.91 ± 0.13 ^a	3.68 ± 0.05 ^b
亮氨酸 Leucine	5.14 ± 0.21 ^a	6.46 ± 0.10 ^b
缬氨酸 Valine	3.16 ± 0.14 ^a	4.00 ± 0.13 ^b
组氨酸 Histidine	1.65 ± 0.13 ^a	2.61 ± 0.01 ^b
精氨酸 Arginine	4.64 ± 0.24 ^a	5.44 ± 0.23 ^b
谷氨酸 Glutamic acid	9.29 ± 0.66 ^a	11.91 ± 0.37 ^b
天冬氨酸 Aspartic acid	5.89 ± 0.60 ^a	7.53 ± 0.14 ^b
丝氨酸 Serine	2.50 ± 0.08 ^a	3.11 ± 0.07 ^b
甘氨酸 Glycin	3.49 ± 0.37 ^a	3.80 ± 0.07 ^a
丙氨酸 Alanine	4.09 ± 0.22 ^a	4.75 ± 0.08 ^b
胱氨酸 Cystine	0.68 ± 0.05 ^a	0.77 ± 0.07 ^a
酪氨酸 Tyrosine	2.22 ± 0.11 ^a	2.82 ± 0.06 ^b
脯氨酸 Proline	2.40 ± 0.19 ^a	2.56 ± 0.06 ^b
氨基酸总量 Total amino acid, TAA	61.66 ± 3.36 ^a	76.67 ± 1.35 ^b
必需氨基酸 Total essential amino acid, EAA	24.14 ± 1.76 ^a	30.40 ± 1.56 ^b
半必需氨基酸 Half-essential amino acid, HEAA	6.29 ± 0.36 ^a	8.05 ± 0.25 ^b
非必需氨基酸 Non-essential amino acid, NEAA	30.55 ± 2.28 ^a	37.26 ± 0.91 ^b
鲜味氨基酸 Delicious amino acid, DAA	22.76 ± 1.85 ^a	28.00 ± 0.66 ^b
EAA/TAA	39.15 ± 0.52 ^a	39.65 ± 1.15 ^a
EAA/NEAA	49.55 ± 0.77 ^a	48.60 ± 1.71 ^b

同行中标注不同小写字母数据间差异显著 ($P < 0.05$)。

Mean values within a line followed by different superscript letters were significantly different ($P < 0.05$).

含量较高的前 4 种依次为谷氨酸、赖氨酸、天冬氨酸和亮氨酸, 含量最低的为色氨酸。产后雌鱼肌肉中各种氨基酸含量都低于雄鱼肌肉氨基酸含量, 且除甘氨酸和胱氨酸外, 产后雌鱼肌肉中其他 16 种氨基酸含量显著低于雄鱼肌肉氨基酸含量 ($P < 0.05$)。产后雌鱼肌肉中氨基酸总量、必需氨基酸、半必需氨基酸、非必需氨基酸、鲜味氨基酸的含量也都显著低于产后雄鱼肌肉中含量 ($P < 0.05$)。产后亲本肌肉氨基酸组成及含量与投喂饲料中氨基酸组成排序有所不同, 但含量排序前 5 的氨基酸种类相同 (表 1 和表 3)。

2.3 营养品质评价

对美洲鲈雌雄亲本肌肉所测必需氨基酸分别进行氨基酸评分 (AAS) 和化学评分 (CS)。根据 AAS, 产后雌鱼第一和第二限制性氨基酸分别为缬氨酸和色氨酸, 产后雄鱼第一限制性氨基酸和第二限制性氨基酸分别为色氨酸和缬氨酸。根据 CS, 产后雌雄鱼第一限制性氨基酸都为色氨酸, 第二限制性氨基酸都为蛋氨酸与胱氨酸组合 (表 4)。产后雌鱼和雄鱼群体的必需氨基酸指数分别为 81.60 和 82.64, 产后雌鱼和雄鱼群体的 F 值较为接近, 分别为 2.20

和 2.23。

2.4 脂肪酸组成

对美洲鲈产后亲本肌肉进行脂肪酸检测, 检出 11 种脂肪酸, 包括 4 种饱和脂肪酸、3 种单不饱和脂肪酸和 4 种多不饱和脂肪酸 (表 5)。饱和脂肪酸主要以棕榈酸甲酯 (C16:0) 和硬脂酸 (C18:0) 为主, 不饱和脂肪酸主要以油酸甲酯 (C18:1n9c) 为主, 多不饱和脂肪酸主要以亚油酸甲酯 (C18:2n6c) 和二十二碳六烯酸 (C22:6n3)。对比雌雄产后亲本肌肉中 11 种脂肪酸含量, 只有硬脂酸 (C18:0)、花生酸 (C20:0)、棕榈亚酸 (C16:1) 和亚麻酸甲酯 (C18:3n) 在雌雄间表现出显著性差异 ($P < 0.05$), 其他无显著性差异。雄鱼肌肉中硬脂酸 (C18:0)、二十二碳六烯酸 (C22:6n3)、饱和脂肪酸 (Σ SFA)、多饱和脂肪酸 (Σ PUFA) 和二十碳五烯酸 (C20:5n3) + 二十二碳六烯酸 (C22:6n3) 的平均含量比雌鱼高, 而雄鱼肌肉中肉豆蔻酸甲酯 (C14:0)、棕榈烯酸甲酯 (C16:1)、油酸甲酯 (C18:1n9c)、亚油酸甲酯 (C18:2n6c)、亚麻酸甲酯 (C18:3n) 和单不饱和脂肪酸 (Σ MUFA) 的平均含量比雌鱼低。雌鱼肌肉中饱和脂肪酸 (Σ SFA) 与不饱和脂肪酸

表 4 美洲鲈产后亲本肌肉必需氨基酸评价

Table 4 Evaluation of essential amino acid compositions in muscle of postpartum parents of *Alosa sapidissima*

必需氨基酸 Essential amino acid	氮含量 Nitrogen content (mg/g)				评分 Score			
	雌鱼 Female	雄鱼 Male	FAO 评分模式 FAO evaluation mode	鸡蛋蛋白 Egg protein	雌鱼 Female		雄鱼 Male	
					AAS	CS	AAS	CS
异亮氨酸 Isoleucine	273.01	281.7	250	331	1.09	0.82	1.13	0.85
亮氨酸 Leucine	482.22	494.5	440	534	1.10	0.90	1.12	0.93
赖氨酸 Lysine	560.09	586.4	340	441	1.65	1.27	1.73	1.33
苏氨酸 Threonine	262.69	272.5	250	292	1.05	0.92	1.09	0.93
缬氨酸 Valine	296.47	306.2	310	410	0.96*	0.72	0.99**	0.75
色氨酸 Tryptophan	58.167	53.59	60	99	0.97**	0.59*	0.89*	0.54*
蛋氨酸 + 胱氨酸 Methionine + Cystine	247.68	247.3	220	386	1.13	0.64**	1.12	0.64**
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phenylalanine + Tyrosine	478.47	485.3	380	565	1.26	0.85	1.28	0.86

AAS. 氨基酸评分; CS. 化学评分; * 第一限制性氨基酸; ** 第二限制性氨基酸。

AAS. Amino acid score; CS. Chemical score. *. The first limited amino acid; **. The second limited amino acid.

(Σ UFA) 比值为 0.31, 雄鱼肌肉中饱和脂肪酸 (Σ SFA) 与不饱和脂肪酸 (Σ UFA) 比值为 0.35 (表 5)。美洲鲈产后亲本肌肉脂肪酸与饲料中脂肪酸组成和排序不同, 但雌雄亲本和饲料中的油酸甲酯 (C18:1n9c)、亚油酸甲酯 (C18:2n6c) 及棕榈酸甲酯 (C16:0) 含量都依次排前三位。

表 5 美洲鲈产后亲本肌肉脂肪酸组成及含量
($n = 3, \%$)

Table 5 Fatty acid compositions and contents in muscle of postpartum parent of *Alosa sapidissima*
($n = 3, \%$)

脂肪酸 Fatty acid	雌鱼 Female	雄鱼 Male
C14:0	1.53 ± 0.03 ^a	1.23 ± 0.26 ^a
C16:0	12.07 ± 0.32 ^a	12.10 ± 1.06 ^a
C18:0	5.69 ± 0.46 ^a	7.27 ± 0.84 ^b
C20:0	0.31 ± 0.02 ^a	0.41 ± 0.05 ^b
C16:1	1.42 ± 0.04 ^b	0.93 ± 0.19 ^a
C18:1n9c	35.30 ± 0.35 ^a	29.50 ± 5.21 ^a
C20:1n9	2.38 ± 0.05 ^a	2.25 ± 0.27 ^a
C18:2n6c	18.03 ± 0.84 ^a	16.60 ± 0.53 ^a
C18:3n	1.29 ± 0.05 ^b	1.05 ± 0.05 ^a
C20:5n3	0.50 ± 0.05 ^a	0.60 ± 0.04 ^a
C22:6n3	3.72 ± 0.24 ^a	8.71 ± 2.77 ^a
其他脂肪酸 Other fatty acids	17.80 ± 0.92 ^a	19.33 ± 1.72 ^a
Σ SFA	19.59 ± 0.78 ^a	23.01 ± 1.88 ^a
Σ MUFA	39.04 ± 0.39 ^a	32.68 ± 5.64 ^a
Σ PUFA	23.54 ± 0.80 ^a	26.96 ± 2.25 ^a
C20:5n3 + C22:6n3	4.22 ± 0.23 ^a	9.31 ± 2.81 ^a
Σ SFA/ Σ UFA	0.31 ± 0.02 ^a	0.35 ± 0.05 ^a

SFA. 饱和脂肪酸; MUFA. 单不饱和脂肪酸; PUFA. 多不饱和脂肪酸, UFA. 不饱和脂肪酸。同行标注不同小写字母数据间差异显著 ($P < 0.05$)。

SFA. Saturated fatty acids; MUFA. Mono-unsaturated fatty acids; PUFA. Poly-unsaturated fatty acids; UFA. Unsaturated fatty acids; Mean values within a line followed by different letters were significantly different ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 美洲鲈产后雌雄亲本肌肉营养成分差异

美洲鲈经过近 3 个月的半人工繁殖, 亲本需要消耗大量的营养物质, 同时繁殖期间摄食量较少。本实验结果显示, 美洲鲈雌鱼肌肉粗

蛋白含量显著低于雄鱼肌肉粗蛋白含量, 雌鱼肌肉粗脂肪含量显著高于雄鱼肌肉粗脂肪含量。根据罗毅平 (2012) 结果, 鱼类主要以脂肪和蛋白质作为能量来源, 主要由脂肪供能, 尽量减少蛋白质消耗。由于美洲鲈雌雄亲本繁殖习性不同, 繁殖期间雌鱼需要消耗大量的蛋白质用于卵巢 (熊传喜等 1994) 和卵细胞的发育 (桂萌等 2017), 雄鱼除了消耗少量的蛋白质用于精巢的发育, 还要消耗大量的脂肪追逐雌鱼促进排卵受精。雌鱼肌肉中各种氨基酸含量都低于雄鱼肌肉氨基酸含量, 且除甘氨酸和胱氨酸外, 雌鱼肌肉中其他 16 种氨基酸含量显著低于雄鱼肌肉氨基酸含量。产后雌鱼和雄鱼的必需氨基酸指数分别为 81.60 和 82.64, 可见产后雌鱼群体的蛋白质品质低于产后雄鱼。

雌鱼肌肉粗脂肪含量比雄鱼粗脂肪含量高, 但雄鱼肌肉中硬脂酸 (C18:0)、二十二碳六烯酸 (C22:6n3)、饱和脂肪酸 (Σ SFA)、多饱和脂肪酸 (Σ PUFA) 和二十碳五烯酸 (C20:5n3) 与二十二碳六烯酸 (C22:6n3) 的平均含量比雌鱼高, 而肉豆蔻酸甲酯 (C14:0)、棕榈烯酸甲酯 (C16:1)、油酸甲酯 (C18:1n9c)、亚油酸甲酯 (C18:2n6c)、亚麻酸甲酯 (C18:3n) 和单不饱和脂肪酸 (Σ MUFA) 的平均含量比雌鱼低。这可能是由于产卵后肌肉中部分脂肪酸转移至卵巢供产卵所需, 从而导致雌鱼肌肉中不饱和脂肪酸含量比雄鱼低。黄旭雄等 (2014) 发现银鲱鱼 (*Pampus argenteus*) 卵巢发育时大量的二十碳五烯酸 (C20:5n3) 和二十二碳六烯酸 (C22:6n3) 从肌肉向卵巢转移, 在长江刀鲚 (*Coilia nasus*, 滕静等 2016) 和美洲鲈 (Gao et al. 2019) 卵巢发育时也都发现类似现象。

3.2 美洲鲈产后亲本与养殖成鱼肌肉营养成分差异

目前科研工作者对美洲鲈成鱼肌肉营养成分有过研究, 顾若波等 (2007) 检测出美洲鲈水分、粗蛋白和粗脂肪含量依次为 70.23%、18.88%和 6.8%, 郭永军等 (2010) 检测结果依

次为 75.50%、20.58% 和 3.68%，洪孝友等(2013) 结果依次为 75.06%、17.01% 和 3.46%，对比本实验结果不难发现，产后亲本肌肉的水分明显高于成鱼，粗蛋白含量明显低于成鱼，雄鱼肌肉中的粗脂肪含量明显低于成鱼。滕静等(2016) 和李玉琪等(2015) 在研究长江刀鲚卵巢发育和产卵前后肌肉中营养成分时都发现水分含量不断增加，粗脂肪含量不断降低。这可能是繁殖季节美洲鲈亲本性腺发育、卵细胞的分化(李成等 2016) 和生殖行为要消耗大量的物质积累，从而导致产后亲本肌肉蛋白和脂肪含量低于美洲鲈成鱼肌肉含量。

根据 FAO/WHO 模式(郝淑贤等 2007)，优质蛋白质的氨基酸组成中必需氨基酸/非必需氨基酸比值大于 0.6，必需氨基酸/总氨基酸比值约为 0.4，而美洲鲈产卵群体肌肉蛋白质氨基酸组成中必需氨基酸/非必需氨基酸比值小于 0.6，故为非优质蛋白，美洲鲈养殖群体肌肉蛋白为优质蛋白(顾若波等 2007，洪孝友等 2013)。

3.3 水产经济动物产后亲本处理

水产动物经过漫长的性腺发育和繁殖周期，雌雄亲本体内营养物质都有不同程度消耗。不同的水产动物有不同的繁殖特点，如一年多次繁殖、多年繁殖和产后自然死亡等，产后亲本也需要作相应处理。罗氏沼虾(*Macrobrachium rosenbergii*) 亲本首次产后能快速恢复生理机能再次抱卵。白鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*) (张友良等 2000) 和中华鲟(*Acipenser sinensis*) 属于性成熟后可以多年繁殖，特别是被列为国家 I 级水生保护动物中华鲟，做好亲本的康复工作降低产后死亡率为下一年繁殖做好准备(张晓雁等 2015)。养殖美洲鲈 2 龄性成熟，由于特殊的繁殖习性和养殖环境导致繁育群体成活率极低(施永海等 2017)，特别是亚热带地区自然度夏容易造成大量死亡。另外，美洲鲈产后群体肌肉中粗蛋白偏低，特别是雌鱼远低于常见经济鱼类粗蛋白含量。

参 考 文 献

- Gao X L, Fei F, Liu Z F, et al. 2019. Lipid content and fatty acid composition in female American shad, *Alosa sapidissima*, at different stages of ovarian development under reared conditions. *Aquaculture Research*, 50(2): 439–448.
- Liu Z F, Gao X Q, Yu J X, et al. 2018. Changes of protein and lipid contents, amino acid and fatty acid compositions in eggs and Yolk-Sac larvae of American Shad (*Alosa sapidissima*). *Oceanic and Coastal Sea Research*, 17(2): 413–419.
- 邓平平, 施永海, 徐嘉波, 等. 2017. 美洲鲈仔稚鱼脊柱及四肢骨骼系统的早期发育. *中国水产科学*, 24(1): 73–81.
- 顾若波, 张呈祥, 徐刚春, 等. 2007. 美洲鲈肌肉营养成分分析与评价. *水产学杂志*, 20(2): 40–46.
- 桂萌, 高亮, 李平兰, 等. 2017. 人工养殖硬头鱮鱼卵的营养成分分析. *南方农业学报*, 48(4): 692–697+713.
- 郭永军, 刑克智, 杨广, 等. 2010. 美洲鲈鱼肌肉营养成分测定及分析. *中国饲料*, (8): 39–41.
- 郝淑贤, 李来好, 杨贤庆, 等. 2007. 5 种罗非鱼营养成分分析及评价. *营养学报*, 29(6): 614–618.
- 洪孝友, 谢文平, 朱新平, 等. 2013. 美洲鲈与孟加拉肌肉营养成分比较. *营养学报*, 35(2): 206–208.
- 黄旭雄, 温文, 危立坤, 等. 2014. 闽东海域银鲷亲鱼性腺发育后期脂类及脂肪酸蓄积特点. *水产学报*, 38(1): 99–108.
- 李成, 程小飞, 洪波, 等. 2016. 刺鲃鱼卵营养成分分析及评价. *动物营养学报*, 28(7): 2204–2212.
- 李玉琪, 陶宁萍, 朱文倩, 等. 2015. 产卵前后长江刀鲚肉中营养成分差异. *食品工业科技*, 36(15): 338–341, 346.
- 罗毅平. 2012. 鱼类洄游中的能量变化研究进展. *水产科学*, 31(6): 375–381.
- 施永海, 刘永士, 严银龙, 等. 2019. 刀鲚胚胎及胚后发育早期脂肪酸组成变化. *动物学杂志*, 54(3): 414–424.
- 施永海, 徐嘉波, 陆根海, 等. 2017. 养殖美洲鲈的生长特性. *动物学杂志*, 52(4): 638–645.
- 唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等. 2011. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析. *动物营养学报* 23(3): 514–520.
- 滕静, 陶宁萍, 李玉琪. 2016. 卵巢发育不同阶段长江刀鲚肉营养成分的分析及评价. *现代食品科技*, 32(9): 267–274.
- 熊传喜, 曹克驹, 夏泳, 等. 1994. 乌鳢在越冬期与繁殖前期肌肉的营养成分. *水利渔业*, (6): 23–33.
- 杨洋, 刘晓芳. 2014. 南极磷虾主要营养成分及保健机能研究进展. 2(21): 186–194.

张晓雁, 杜浩, 危起伟, 等. 2015. 养殖中华鲟的产后康复. 水生
生物学报, 39(4): 705.

张友良, 张飞明, 汤正虞. 2000. 降低鲢鱼亲本产后死亡率浅谈.

科学养鱼, (11): 16.

庄平, 宋超, 章龙珍. 2008. 长江口安氏白虾与日本沼虾营养成分
比较. 动物学报:英文版, 54(5): 822-829.