

## 雌、雄卵形鲳鲹肌肉品质评价

罗 辉<sup>1</sup>, 周明瑞<sup>1</sup>, 敬庭森<sup>1</sup>, 李 哲<sup>1</sup>, 文露婷<sup>2</sup>, 周康奇<sup>2</sup>, 潘贤辉<sup>2</sup>,  
彭金霞<sup>2</sup>, 杜雪松<sup>2</sup>, 张永德<sup>2</sup>, 叶 华<sup>1</sup>, 罗洪林<sup>2</sup>, 马振华<sup>3</sup>, 林 勇<sup>2</sup>

(1. 西南大学水产学院, 重庆 402460; 2. 广西壮族自治区水产科学研究院/广西水产遗传育种与健康养殖重点实验室, 广西南宁 530021; 3. 中国水产科学研究院南海水产研究所热带水产研究开发中心, 海南 三亚 572018)

**摘要:** 文章测定并比较了雌、雄卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*) 肌肉概略营养成分、氨基酸和脂肪酸, 对氨基酸和脂肪酸进行了营养评价。结果表明, 雄性肌肉脂肪含量和亮度值显著高于雌性 ( $P<0.05$ ), 水分含量和剪切力显著低于雌性 ( $P<0.05$ ), 肌肉蛋白质、灰分含量和其他物理性状无显著差异 ( $P>0.05$ )。雌、雄鱼肌肉中均检测出 17 种氨基酸, 其中雄性肌肉中苏氨酸等 7 种氨基酸、非必需氨基酸、半必需氨基酸、鲜味氨基酸含量以及氨基酸总量显著低于雌性 ( $P<0.05$ ), 其他氨基酸无显著差异 ( $P>0.05$ )。依据氨基酸评分标准 (AAS) 和化学评分标准 (CS), 雌、雄鱼肌肉的第一、第二限制氨基酸均为蛋氨酸和缬氨酸。雌性肌肉必需氨基酸指数高于雄性, 其必需氨基酸的组成比例基本符合 FAO/WHO 标准。雌、雄鱼肌肉各种脂肪酸含量、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸以及 EPA+DHA 均无显著差异 ( $P>0.05$ ), 但雄性肌肉中  $\Sigma n-6PUFA/\Sigma n-3PUFA$  高于雌性。综合评价表明, 雌性比雄性肌肉具有更高的食用价值。

**关键词:** 卵形鲳鲹; 肌肉营养; 营养评价

中图分类号: S 965.3

文献标志码: A

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



## Evaluation of muscle quality of male and female *Trachinotus ovatus*

LUO Hui<sup>1</sup>, ZHOU Mingrui<sup>1</sup>, JING Tingsen<sup>1</sup>, LI Zhe<sup>1</sup>, WEN Luting<sup>2</sup>, ZHOU Kangqi<sup>2</sup>, PAN Xianhui<sup>2</sup>,  
PENG Jinxia<sup>2</sup>, DU Xuesong<sup>2</sup>, ZHANG Yongde<sup>2</sup>, YE Hua<sup>1</sup>, LUO Honglin<sup>2</sup>, MA Zhenhua<sup>3</sup>, LIN Yong<sup>2</sup>

(1. College of Fisheries, Southwest University, Chongqing 402460, China; 2. Guangxi Academy of Fishery Sciences/  
Guangxi Key Laboratory of Aquatic Genetic Breeding and Healthy Aquaculture, Nanning 530021, China;  
3. Tropical Aquaculture Research and Development Center, South China Sea Fisheries Research  
Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Sanya 572018, China)

**Abstract:** In this study, we compared and evaluated the nutrients contents in male and female *Trachinotus ovatus* muscle by routine biochemical analysis methods, and performed a nutritional evaluation of amino acids and fatty acids. The results show that the fat content of male muscle was significantly higher than that of female muscle ( $P<0.05$ ), and the water content was significantly lower than that of female muscle ( $P<0.05$ ). There was no significant difference in muscle protein content and ash content of the muscle ( $P>0.05$ ). The brightness value of male muscle was significantly higher than that of female muscle ( $P<0.05$ ), and the shear force was significantly lower than that of female muscle ( $P<0.05$ ). There was no significant difference in the other physical proper-

收稿日期: 2020-03-30; 修回日期: 2020-06-01

资助项目: 广西创新驱动发展专项资金项目 (桂科 AA18242031, AA17204080-3); 国家自然科学基金项目 (31660740)

作者简介: 罗 辉 (1979—), 男, 博士, 副教授, 从事水产动物营养与生物技术研究。E-mail: luohui2629@126.com

通信作者: 林 勇 (1969—), 男, 研究员, 从事水产健康养殖与遗传育种研究。E-mail: linnn2005@126.com

ties of muscle ( $P>0.05$ ). Seventeen common amino acids had been detected in both male and female muscle. Among them, threonine, serine, glutamic acid, alanine, histidine, arginine, proline, non-essential amino acids, semi-essential amino acids, fresh amino acids and total amino acids were significantly lower than those of female muscle ( $P<0.05$ ), and there was no significant difference in the other amino acids ( $P>0.05$ ). According to the amino acid score (AAS) and chemical score (CS), the first restricted amino acid for both male and female *T. ovatus* was methionine, followed by valine. The essential amino acid index of female was higher than that of male (63.26 for female and 58.02 for male). The composition and proportions of the essential amino acids in *T. ovatus* muscle basically met the FAO/WHO standard. There was no significant difference in the fatty acid content, monounsaturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids and EPA+DHA in male and female muscle ( $P>0.05$ ), but the  $\Sigma n-6$ PUFA/ $\Sigma n-3$ PUFA in male muscle was higher than that of female muscle (3.02 for male and 2.75 for female). Thus, comprehensive evaluation shows that female *T. ovatus* has higher edible value than male.

**Key words:** *Trachinotus ovatus*; Muscle nutrition; Nutritional evaluation

卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*) 俗称金鲳, 隶属鲈形目、鲹科、鲳鲹亚科、鲳鲹属, 是一种广泛分布于我国东海、黄渤海和南海, 印度洋, 日本沿海和地中海等热带和亚热带海域的广盐性暖水鱼类<sup>[1-3]</sup>。该鱼抗逆性强、养殖成活率高、生长速度快, 养殖当年可达上市规格, 且食性简单, 驯化后可以全程摄食人工配合饲料, 养殖效益显著, 因此广受养殖者喜爱。另外, 卵形鲳鲹肉色洁白、肉质细嫩, 通体只有一根长刺, 无肌间刺, 食用方便, 鲜美可口并具有鲹类的特殊香味, 深受国内外消费者青睐, 历来被列为名贵食用鱼类<sup>[2, 4-6]</sup>, 现已成为我国沿海地区深水抗风浪网箱养殖的主要品种之一, 2016年产量已超12万吨<sup>[5, 7-9]</sup>。

海水鱼类因其蛋白质含量高、氨基酸平衡、富含不饱和脂肪酸等优点, 一直是人类蛋白质和不饱和脂肪酸等营养物质的重要来源, 并深受消费者喜爱。鱼肉的营养价值和鲜美程度主要由肌肉组成决定, 因此对鱼类肌肉营养成分的分析可有效评价其食用价值<sup>[10-11]</sup>。研究发现, 同种鱼类的肌肉营养成分在不同性别间存在差异, 并最终影响其食用和深加工价值<sup>[10]</sup>。肌肉色泽、pH等物理特性虽与其食用品质无直接关系, 却是影响消费者购买、食材储存与深加工的重要指标<sup>[12]</sup>。目前对鱼类肌肉营养成分和原料物理特性的研究较多, 对卵形鲳鲹肌肉营养成分和原料物理特性的研究也有一些报道<sup>[12-14]</sup>, 但有关雌、雄卵形鲳鲹肌肉营养成分和原料物理特性差异的比较研究和评价尚未见报道。本研究采用生化分析方法对雌、雄卵形鲳鲹肌肉营养成分进行较系统的对比和评价, 旨在充实鱼类食品营养内容, 为选购鱼类并合理膳食提供参考, 并为海水鱼类深加工和卵形鲳鲹饲料配方提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

实验所用雌、雄卵形鲳鲹均为南宁某海鲜市场同一批体质健壮、无病无伤的个体。雌、雄卵形鲳鲹的全长分别为(31.73±1.32) cm、(32.28±0.21) cm, 平均体质量分别为(593.15±38.61) g、(585.65±24.67) g。

### 1.2 样品处理

卵形鲳鲹经MS-222麻醉后称量体质量, 测定全长、体长等形态学指标, 解剖性腺确定性别, 再分别取雌、雄鱼各4尾用于肌肉营养成分分析。肌肉取自每尾鱼头背部两侧侧线上方至背鳍下方, 平均分成两份放入样品袋, -80℃储存备用。雌、雄鱼肌肉样品均为4个重复, 每个重复1尾, 分别用于肌肉脂肪酸、氨基酸和粗蛋白质等营养成分的测定。

### 1.3 肌肉基本营养成分及物理性状分析方法

水分采用GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》测定, 灰分采用GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》测定, 粗蛋白质采用GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》半微量凯氏定氮法测定, 脂肪采用GB 5009.6—2016《食品中粗脂肪的测定》索氏提取法测定。肌肉氨基酸按照GB 5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》测定, 肌肉脂肪酸组成和含量按照GB 5009.168—2016《食品中脂肪酸的测定》测定, pH按照GB 5009.237—2016《食品pH值的测定》测定, 嫩度采用NY/T 1180—2006《肉嫩度的测定剪切力测定法》直接测定法测定, 肉色采用色差仪直接测定亮度值( $L^*$ )、红度值( $a^*$ )和黄度值( $b^*$ )。蒸煮损失参考熊添等<sup>[12]</sup>的方法。

### 1.4 营养评价方法

雌、雄卵形鲳鲹肌肉化学评分(CS)、氨基酸评分(AAS)和必需氨基酸指数(EAAI)参考FAO/

WHO 氨基酸评分标准模式<sup>[15]</sup>和鸡蛋蛋白的氨基酸模式<sup>[16]</sup>,按照相应公式计算而得。并计算肌肉氨基酸的支芳值(F值),即支链氨基酸(BCAA)与芳香族氨基酸(AAA)的比值<sup>[17]</sup>。AAS值是待测样品蛋白质中某种必需氨基酸(N)质量分数( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )与FAO评分模式某种必需氨基酸质量分数( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )的比值。CS值是待测样品蛋白质中特定必需氨基酸质量分数( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )与鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸质量分数( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )的比值。

$\text{EAAI}=(100\text{CS}_1\times 100\text{CS}_2\times \dots\times 100\text{CS}_n)^{1/n}$ ,  $n$ 为待比较的必需氨基酸数量;

$F=\text{支链氨基酸}/\text{芳香族氨基酸}$

## 1.5 数据分析

实验数据用SPSS 22.0进行统计分析,采用独立样本 $t$ 检验分析雌、雄卵形鲳鲹肌肉实验数据的差异显著性,数据结果以“平均值 $\pm$ 标准差( $\bar{X}\pm\text{SD}$ )”表示。

## 2 结果

### 2.1 肌肉基本营养成分和物理性状

雌、雄卵形鲳鲹肌肉基本营养成分和物理性状见表1。雌、雄鱼肌肉灰分质量分数差异不显著( $P>0.05$ ),雌、雄鱼肌肉蛋白质质量分数均较高,分别为22.17%和21.36%,但差异不显著( $P>0.05$ )。雌、雄鱼肌肉脂肪和水分质量分数差异显著( $P<0.05$ ),其中雌鱼肌肉脂肪质量分数显著低于雄鱼( $P<0.05$ ),仅为雄鱼肌肉脂肪的62.75%。雌、雄鱼肌肉pH、蒸煮损失、 $a^*$ 和 $b^*$ 均无显著差异( $P>0.05$ ,表1),但两者肌肉剪切力和 $L^*$ 差异显著( $P<0.05$ )。其中雌鱼肌肉剪切力显著高于雄鱼( $P<0.05$ ),而肌肉 $L^*$ 则显著低于雄鱼( $P<0.05$ ),说明雌鱼肌肉嫩度不及雄鱼,肉色也较雄鱼偏暗。

### 2.2 肌肉氨基酸组成与品质评价

2.2.1 肌肉氨基酸组成与含量 雌、雄卵形鲳鲹肌肉氨基酸组成和含量见表2。雌、雄鱼含有相同种类的氨基酸,但在含量上却存在一定差异( $P<0.05$ ),其中雄鱼肌肉中苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、组氨酸、精氨酸和脯氨酸含量显著低于雌鱼( $P<0.05$ )。雌、雄鱼肌肉干样中总氨基酸(TAA)含量分别为71.23%和63.51%,雄鱼显著低于雌鱼( $P<0.05$ )。其中雄鱼肌肉中半必需氨基酸(SEAA)、非必需氨基酸(NEAA)和鲜味氨基酸(DAA)含量均显著低于雌鱼肌肉中的含量( $P<0.05$ )。但雌、雄鱼肌肉必

表1 雌、雄卵形鲳鲹肌肉常规营养成分和物理性状  
Table 1 Nutrient composition and physical properties in muscle of male and female *T. ovatus*

指标 Index	雄 Male	雌 Female
蛋白质质量分数 Crude protein/%	21.36 $\pm$ 0.33	22.17 $\pm$ 0.44
脂肪质量分数 Crude fat/%	7.06 $\pm$ 0.45 <sup>a</sup>	4.43 $\pm$ 0.44 <sup>b</sup>
水分质量分数 Moisture/%	73.73 $\pm$ 0.76 <sup>a</sup>	76.07 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>
灰分质量分数 Ash/%	1.33 $\pm$ 0.03	1.38 $\pm$ 0.03
pH	5.20 $\pm$ 0.04	5.17 $\pm$ 0.02
剪切力 Shear force value/N	21.16 $\pm$ 1.57 <sup>a</sup>	30.56 $\pm$ 3.31 <sup>b</sup>
亮度值 $L^*$	59.34 $\pm$ 1.28 <sup>a</sup>	54.33 $\pm$ 1.95 <sup>b</sup>
红度值 $a^*$	-2.55 $\pm$ 0.24	-2.20 $\pm$ 0.72
黄度值 $b^*$	13.31 $\pm$ 0.59	13.53 $\pm$ 0.76
蒸煮损失 Cooking loss/%	10.62 $\pm$ 1.19	8.85 $\pm$ 1.03

注:同一行数据的显著性用不同的上标小写字母表示( $P<0.05$ ),下同

Note: The data with different superscript lowercase letters within the same row are significantly different ( $P<0.05$ ). The same as below.

需氨基酸(EAA)含量差异不显著( $P>0.05$ )。雌、雄卵形鲳鲹肌肉中必需氨基酸含量与总氨基酸含量的比值( $W_{\text{EAA}/\text{TAA}}$ )相近,分别为38.72%和37.84%,雄鱼肌肉中必需氨基酸与非必需氨基酸的比值( $W_{\text{EAA}/\text{NEAA}}$ )则明显高于雌鱼,分别为73.87%和70.98%。

在检出的17种肌肉氨基酸中,雌、雄鱼氨基酸含量由高到低顺序存在一定差异,但两者含量最高的均为谷氨酸,分别为10.11%和9.19%。雌、雄鱼最低的5种氨基酸均为丝氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、组氨酸和胱氨酸。赖氨酸和缬氨酸含量均排第四和第八位,其他几种氨基酸的顺序不一致。此外,雌、雄鱼肌肉中苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸和丙氨酸含量有显著差异( $P<0.05$ ),其他氨基酸含量无显著差异( $P>0.05$ )。

2.2.2 肌肉鲜味氨基酸组成评价 雌、雄卵形鲳鲹肌肉中鲜味氨基酸含量见表2。雌鱼肌肉中鲜味氨基酸总量( $W_{\text{DAA}}$ )显著高于雄鱼( $P<0.05$ ),分别为27.17%和23.67%。其中谷氨酸和丙氨酸含量均为雄鱼显著低于雌鱼( $P<0.05$ ),其余2种鲜味氨基酸含量雌、雄鱼差异不显著( $P>0.05$ )。雌鱼肌肉中鲜味氨基酸占总氨基酸的38.14%,高于雄鱼(37.27%),说明卵形鲳鲹雌鱼的肉质更鲜美。

2.2.3 肌肉必需氨基酸组成评价 雌、雄卵形鲳

表2 雌、雄卵形鲳鲹肌肉氨基酸组成与含量(干质量)  
Table 2 Composition and contents of amino acids in muscle of female and male *T. ovatus* (dry mass)

%

氨基酸 Amino acid	雄 Male	雌 Female
天门冬氨酸 Asp	6.52±0.18	7.12±0.20
苏氨酸 Thr	2.93±0.08 <sup>a</sup>	3.27±0.08 <sup>b</sup>
丝氨酸 Ser	2.45±0.06 <sup>a</sup>	2.74±0.06 <sup>b</sup>
谷氨酸 Glu	9.19±0.19 <sup>a</sup>	10.11±0.25 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly	3.67±0.06	5.01±0.58
丙氨酸 Ala	4.30±0.09 <sup>a</sup>	4.93±0.19 <sup>b</sup>
胱氨酸 Cys	0.43±0.02	0.44±0.01
缬氨酸 Val	3.50±0.10	3.80±0.09
蛋氨酸 Met	1.92±0.07	2.12±0.05
异亮氨酸 Ile	3.00±0.08	3.12±0.13
亮氨酸 Leu	6.37±0.50	7.33±0.32
酪氨酸 Tyr	2.35±0.17	2.50±0.07
苯丙氨酸 Phe	2.66±0.07	2.81±0.09
赖氨酸 Lys	6.13±0.18	6.62±0.24
组氨酸 His	1.58±0.04 <sup>a</sup>	1.75±0.05 <sup>b</sup>
精氨酸 Arg	4.05±0.11 <sup>a</sup>	4.58±0.08 <sup>b</sup>
脯氨酸 Pro	2.46±0.07 <sup>a</sup>	3.00±0.24 <sup>b</sup>
总氨基酸 TAA	63.50±1.60 <sup>a</sup>	71.22±1.14 <sup>b</sup>
必需氨基酸 EAA	24.59±0.80	26.94±0.94
非必需氨基酸 NEAA	33.29±0.72 <sup>a</sup>	37.97±0.77 <sup>b</sup>
半必需氨基酸 SEAA	5.63±0.14 <sup>a</sup>	6.33±0.08 <sup>b</sup>
鲜味氨基酸 DAA	23.67±0.48 <sup>a</sup>	27.17±0.55 <sup>b</sup>
支链氨基酸 BCAA	12.87±0.55	14.25±0.54
芳香族氨基酸 AAA	5.01±0.22	5.31±0.16
必需氨基酸与总氨基酸的比值 $W_{EAA/TAA}$	38.72	37.84
必需氨基酸与非必需氨基酸的比值 $W_{EAA/NEAA}$	73.87	70.98
鲜味氨基酸总量 $W_{DAA/TAA}$	37.29	38.14
支芳值(支链氨基酸/芳香族氨基酸) $F(BCAA/AAA)$	2.57	2.68

鲹肌肉中必需氨基酸的CS、AAS和EAAI见表3。根据AAS,雌鱼肌肉中最低的为蛋氨酸(0.60),其次是缬氨酸(0.77);雄鱼肌肉也是蛋氨酸(0.54)和缬氨酸(0.71)分值最低。从CS看,雌、雄鱼肌肉中必需氨基酸也是蛋氨酸分值最低,分别为0.33和0.36;分值倒数第二的也是缬氨酸,分别为0.53和0.58。结合AAS和CS可以看出,雌、雄卵形鲳鲹肌肉中第一限制性氨基酸为蛋氨酸,第二

限制性氨基酸为缬氨酸。除蛋氨酸外,雌、雄卵形鲳鲹肌肉中AAS均高于0.6,除蛋氨酸、缬氨酸、异亮氨酸和酪氨酸+苯丙氨酸外,其余必需氨基酸CS也均高于0.6。说明雌、雄卵形鲳鲹肌肉中必需氨基酸含量较丰富,组成较平衡。雌、雄卵形鲳鲹肌肉EAAI分别为58.02和63.26,雌鱼的EAAI高于雄鱼。

表3 雌、雄卵形鲳鲹肌肉氨基酸组成评估

Table 3 Assessment on essential amino acid components in muscle of female and male *T. ovatus*

必需氨基酸 Essential amino acid	FAO/WHO	鸡蛋蛋白标准 Egg protein standard	氨基酸含量 Amino acid content	
			雄 Male	雌 Female
苏氨酸 Thr	250	292	183.33	204.38
缬氨酸 Val	310	411	218.75	238.12
蛋氨酸 Met	220	368	119.84	132.34
异亮氨酸 Ile	250	331	187.66	194.84
亮氨酸 Leu	440	534	398.13	457.97
酪氨酸+苯丙氨酸 Tyr+Phe	380	565	312.97	331.72
赖氨酸 Lys	340	441	383.12	413.75

  

必需氨基酸 Essential amino acid	氨基酸评分 AAS		化学评分 CS		必需氨基酸指数 EAAI	
	雄 Male	雌 Female	雄 Male	雌 Female	雄 Male	雌 Female
苏氨酸 Thr	0.73	0.82	0.63	0.70		
缬氨酸 Val	0.71*	0.77*	0.53*	0.58*		
蛋氨酸 Met	0.54&	0.60&	0.31&	0.34&		
异亮氨酸 Ile	0.75	0.78	0.57	0.59		
亮氨酸 Leu	0.90	1.04	0.75	0.86	58.02	63.26
酪氨酸+苯丙氨酸 Tyr+Phe	0.82	0.87	0.55	0.59		
赖氨酸 Lys	1.13	1.22	0.87	0.94		
苏氨酸 Thr	0.73	0.82	0.63	0.70		

注: &. 第一限制性氨基酸; \*. 第二限制性氨基酸

Note: &. First limiting amino acid; \*. Second limiting amino acid

### 2.3 肌肉脂肪酸组成分析与评价

雌、雄卵形鲳鲹肌肉脂肪酸组成及含量见表 4。雌、雄鱼肌肉中均检测出 12 种脂肪酸, 包括 5 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。其中雌、雄鱼肌肉 SFA 中最高为棕榈酸, 分别为 17.50% 和 19.20%; MUFA 中最高为油酸, 分别为 24.40% 和 25.08%; PUFA 中最高为亚油酸, 分别为 23.48% 和 24.70%。雌、雄卵形鲳鲹肌肉中 12 种脂肪酸含量均无显著差异 ( $P>0.05$ )。雌、雄卵形鲳鲹肌肉中 PUFA 均较高, 分别达到 32.02% 和 32.90%, 但两者差异不显著 ( $P>0.05$ )。雌、雄卵形鲳鲹肌肉中 n-6PUFA 含量远高于 n-3PUFA, 但两者肌肉中含量均无显著差异 ( $P>0.05$ )。雌、雄鱼肌肉中 n-3PUFA 与 n-6PUFA 之间比值非常接近。

## 3 讨论

### 3.1 雌、雄卵形鲳鲹肌肉概略营养成分

鱼肉的营养价值通常由其蛋白质和脂肪含量高

低决定。本研究发现雌、雄卵形鲳鲹肌肉中蛋白质含量差异不显著, 这与对雌、雄洛氏鲮 (*Phoxinus lagowskii*)<sup>[18]</sup>、雌、雄细鳞斜颌鲷 (*Xenocypris microlepis*)<sup>[19]</sup> 和雌、雄条纹锯鲷 (*Centropristis striata*)<sup>[16]</sup> 肌肉蛋白质的研究结果一致; 也有研究发现雌、雄鱼肌肉中粗蛋白质含量存在显著差异<sup>[20-22]</sup>, 出现这一差异的原因可能主要与鱼的种类和所处生长阶段不同有关。另外雌、雄卵形鲳鲹肌肉粗蛋白质含量均较高, 高于一些常见的海水鱼类, 如雌、雄条纹锯鲷肌肉蛋白质量分数为 20.52%、20.44%<sup>[16]</sup>, 七带石斑鱼 (*Epinephelus septemfasciatus*) 为 19.60%<sup>[23]</sup>, 云纹石斑鱼 (*E. moara*) 为 20.60%<sup>[24]</sup>, 鞍带石斑鱼 (*E. lanceolatus*) 为 18.40%<sup>[25]</sup>。雌、雄卵形鲳鲹肌肉蛋白质质量分数与 6 月龄云龙斑 (云纹石斑鱼母本与鞍带石斑鱼父本的杂交后代, 21.42%) 和虹鳟 (*O. mykiss*, 22.38%) 的相近<sup>[26-27]</sup>, 但低于大西洋鲑 (*Salmo salar*, 24.25%) 和银鲑

表4 雌、雄卵形鲳鲹肌肉脂肪酸量  
Table 4 Contents of fatty acids in muscle of female and male *T. ovatus*

%

脂肪酸 Fatty acid	雄 Male	雌 Female
月桂酸 C12:0	0.02±0.01	0.02±0.01
肉豆蔻酸 C14:0	1.80±0.04	1.66±0.16
棕榈酸 C16:0	19.20±0.70	17.50±1.11
硬脂酸 C18:0	3.93±0.17	3.69±0.11
花生酸 C20:0	0.43±0.02	0.50±0.03
棕榈烯酸 C16:1	2.97±0.07	2.70±0.26
油酸 C18:1 n-9c	25.08±0.73	24.40±0.78
二十碳一烯酸 C20:1 n-9	2.45±0.35	3.81±0.84
亚油酸 C18:2 n-6c	24.70±0.32	23.48±1.24
亚麻酸 C18:3 n-3	2.99±0.17	3.31±0.34
二十碳五烯酸 EPA (C20:5 n-3)	0.64±0.02	0.56±0.04
二十二碳六烯酸 DHA (C22:6 n-3)	4.57±0.10	4.69±0.38
饱和脂肪酸总量 ΣSFA	25.38±0.76	23.37±0.34
单不饱和脂肪酸总量 ΣMUFA	30.50±0.76	30.91±1.35
多不饱和脂肪酸总量 ΣPUFA	32.90±0.29	32.02±1.31
二十碳五烯酸+二十二碳六烯酸 EPA+DHA	5.21±0.09	5.24±0.42
n-3多不饱和脂肪酸 Σn-3PUFA	8.19±0.13	8.55±0.10
n-6多不饱和脂肪酸 Σn-6PUFA	24.70±0.32	23.48±1.24
Σn-6PUFA/Σn-3PUFA	3.02	2.75

(*Oncorhynchus kisutch*, 25.31%)<sup>[26]</sup>。本研究中雌、雄卵形鲳鲹肌肉蛋白质含量均高于熊添等<sup>[12]</sup>(18.74%)和农新闻等<sup>[28]</sup>(19.20%)的研究结果。此外, 雄性卵形鲳鲹肌肉脂肪含量显著高于雌鱼, 这一结果与在雌、雄细鳞鱼 (*Brachymystax lenok*)<sup>[29]</sup> 中的研究结果相近, 但与雌、雄条纹锯鲂<sup>[16]</sup> 的结果相反, 还有研究发现一些鱼类中雌、雄间肌肉脂肪含量无显著差异, 这可能与鱼的品种及是否处于繁殖期等生长阶段不同有关。雄性卵形鲳鲹肌肉脂肪质量分数为 7.06%, 而雌性仅 4.43%, 平均 5.75%, 低于熊添等<sup>[12]</sup> (8.74%) 和农新闻等<sup>[28]</sup> (11.00%) 的结果, 产生这一差异的原因可能是这几项研究所用的卵形鲳鲹体质量不同。林川等<sup>[30]</sup> 的研究也表明卵形鲳鲹肌肉蛋白质和脂肪含量与规格存在一定相关性, 熊添等<sup>[12]</sup> 采用均质量 215.44 和 452.31 g 两种规格测定其蛋白质含量的均值, 而农新闻等<sup>[28]</sup> 使用 265.14~314.40 g 个体测定蛋白质含量均值, 本研究所用个体规格明显大于以上研究。此外, 雄性卵形

鲳鲹肌肉脂肪含量显著高于雌性, 这可能与雌性个体性腺组织发育消耗能量大有关, 这与解剖时发现雌性卵形鲳鲹卵巢有明显的发育增生而雄性个体精巢非常细小、未见明显发育的情况相符。雌性卵形鲳鲹肌肉中水分含量显著高于雄性, 说明雌鱼比雄鱼肉质更细嫩鲜美。根据雌性卵形鲳鲹肌肉常规营养成分及其与其他常见海水鱼肌肉营养成分的比较可以看出, 不论性别, 卵形鲳鲹是一种富含蛋白质的优质海水鱼类, 且雌鱼较雄鱼的肉质更细嫩鲜美, 脂肪含量更低。

### 3.2 雌、雄卵形鲳鲹肌肉氨基酸组成与营养品质

本研究在雌、雄卵形鲳鲹肌肉中均检测出 17 种氨基酸, 其中 7 种氨基酸 (苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、组氨酸、精氨酸和脯氨酸) 含量雌性显著高于雄性, 其余氨基酸无显著差异。雌性卵形鲳鲹肌肉非必需氨基酸和半必需氨基酸显著高于雄性是导致其总氨基酸显著高于雄性的主要原因。此外, 雌性卵形鲳鲹肌肉中的鲜味氨基酸总量

显著高于雄性,尤其是雌性肌肉中谷氨酸和丙氨酸含量显著高于雄性,其中谷氨酸主要呈酸鲜味感,而丙氨酸则呈甜鲜味感<sup>[31]</sup>,进一步印证了雌性肉质较雄性更加鲜美。张永泉等<sup>[18]</sup>在雌、雄洛氏鲮肌肉营养成分的研究中也发现雌性肌肉中鲜味氨基酸显著高于雄性;姜巨峰等<sup>[22]</sup>也发现雌性鲶鱼(*Silurus asotus*)肌肉中风味氨基酸含量显著高于雄性,与本研究结果类似。研究发现团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)<sup>[20]</sup>和短吻新银鱼(*Neosalanx brevirostris*)<sup>[21]</sup>雄性肌肉中鲜味氨基酸含量显著高于雌性,也有一些研究发现雌、雄个体肌肉中鲜味氨基酸含量无显著差异<sup>[32]</sup>,产生这些差异的原因可能与鱼的种类不同有关。在17种氨基酸中,谷氨酸含量在雌、雄卵形鲳鲹肌肉中均最高,其次为天门冬氨酸,这与条纹锯鲂<sup>[16]</sup>、黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*)<sup>[11]</sup>、黄花鱼(*Larimichthys polyactis*)<sup>[11]</sup>、青点鹦嘴鱼(*Scarus ghobban*)<sup>[11]</sup>等海水鱼的研究结果一致。蛋白质营养价值的高低不仅体现在其所含的必需氨基酸种类,也体现在必需氨基酸之间的比例是否符合人体的需要<sup>[11]</sup>。根据FAO/WHO的标准,一般认为 $W_{EAA/TAA}$ 达到40%以上、 $W_{EAA/NEAA}$ 达到60%以上则该蛋白质质量较好<sup>[33]</sup>。本研究中雌、雄卵形鲳鲹肌肉中 $W_{EAA/TAA}$ 接近40%, $W_{EAA/NEAA}$ 均在70%以上,说明雌、雄卵形鲳鲹是一种较好的蛋白质来源。此外,根据AAS和CS分析发现雌、雄卵形鲳鲹肌肉第一和第二限制性氨基酸均为蛋氨酸和缬氨酸。这与在雌、雄条纹锯鲂<sup>[16]</sup>中的研究结果一致,而与黑鲷<sup>[11]</sup>、红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)<sup>[34]</sup>、红鳍笛鲷(*Lutjanus erythropterus*)<sup>[33]</sup>、斑石鲷(*Oplegnathus punctatus*)<sup>[35]</sup>、刀鲚(*Coilia macrognathos*)<sup>[36]</sup>、大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)<sup>[37]</sup>等研究结果有一定差异。以上几种鱼类的第一或第二限制性氨基酸为色氨酸或蛋氨酸+胱氨酸。产生这一差异的原因与氨基酸测定方法及AAS、CS指标计算有关。本研究采用酸水解法测定氨基酸,色氨酸被破坏而未测定,因此无色氨酸的AAS和CS;另外,本研究单独计算蛋氨酸的AAS和CS,没有引入胱氨酸导致AAS和CS偏低。总体上,常见海水鱼类中蛋氨酸比较缺乏,因此在海水鱼类养殖或食品加工过程中,适当添加其第一和第二限制性氨基酸有利于提高其营养价值。雌性卵形鲳鲹肌肉EAAI高于雄性,说明雌鱼的营养价值高于雄鱼,这与对雌、雄条纹锯鲂<sup>[16]</sup>的研究结果一致。

### 3.3 雌、雄卵形鲳鲹肌肉脂肪酸组成与营养品质

食物在加热过程中产生香气在一定程度上与其脂肪含量,尤其与多不饱和脂肪酸含量相关,多不饱和脂肪酸含量越高,加热产生的香气越浓郁<sup>[38]</sup>。多不饱和脂肪酸对人体有重要的生理功能,对稳定细胞膜功能、维持细胞因子和脂蛋白平衡、抗心血管疾病、促进生长发育、保护神经元、增强大脑活力、提高学习能力等起非常重要的作用<sup>[39-41]</sup>。单不饱和脂肪酸作为膳食脂肪酸的重要成分,对人体同样具有重要的生理功能,如降低血糖、调节血脂和降低胆固醇等<sup>[42]</sup>。本研究中雌、雄卵形鲳鲹肌肉中各脂肪酸含量均无显著差异,这一结果与雌、雄细鳞斜颌鲷肌肉脂肪酸含量差异结果相似,雌、雄细鳞斜颌鲷肌肉中仅C17:1n-9存在显著差异,其余33种脂肪酸雌、雄之间无显著差异<sup>[19]</sup>;而与雌、雄条纹锯鲂<sup>[16]</sup>和短吻新银鱼<sup>[21]</sup>肌肉脂肪酸含量的研究结果不一致,这两种鱼雌、雄间肌肉脂肪酸含量差异显著。其原因可能与鱼的种类和所处生长阶段等不同有关。雌、雄卵形鲳鲹肌肉中单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸含量均较高,说明雌性卵形鲳鲹作为一种常见海水养殖鱼类具有一定的保健价值。多不饱和脂肪酸主要分为n-6和n-3系列,其在人体内发挥重要作用,但两者在很多情况下相互协调、相互制约,共同调节人体生命活动<sup>[43]</sup>。很多研究表明n-3系列多不饱和脂肪酸对心血管疾病、癌症以及炎症等具有预防效果<sup>[44-45]</sup>,但有研究表明摄入n-6和n-3系列多不饱和脂肪酸的比例可能比只摄入n-3多不饱和脂肪酸更重要<sup>[43,46]</sup>。对前列腺特异Pten基因敲除小鼠的相关研究表明n-6与n-3比例低于5时可有效减缓癌症的发展<sup>[44]</sup>。为此一些国家给出了膳食中n-6和n-3多不饱和脂肪酸比例的相关标准,其中中国给出了婴儿膳食标准为4:1~6:1,世界卫生组织给出的标准也是4:1~6:1<sup>[43]</sup>。本研究中雌、雄卵形鲳鲹肌肉中n-6与n-3比例分别为2.75和3.02,远高于雌、雄条纹锯鲂<sup>[16]</sup>和凤鲚<sup>[47]</sup>等鱼类。表明相对而言,雌、雄卵形鲳鲹更接近n-6与n-3的适宜比例。

## 4 结论

综上所述,雌、雄卵形鲳鲹均是营养丰富的优质海水鱼类,但雌性卵形鲳鲹肌肉中脂肪含量显著低于雄性,水分含量显著高于雄性。雌性卵形鲳鲹

肌肉中苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸以及氨基酸总量均显著高于雄性,雌性卵形鲳鲹的鲜味氨基酸、半必需氨基酸和必需氨基酸指数高于雄性。因此从营养价值上看,雌性卵形鲳鲹比雄性具有更高的食用价值。

#### 参考文献:

- [1] ZHANG D, GUO L, GUO H, et al. Chromosome-level genome assembly of golden pompano (*Trachinotus ovatus*) in the family Carangidae[J]. *Sci Data*, 2019, 6. doi: 10.1038/s41597-019-0238-8.
- [2] 区又君,李加儿. 卵形鲳鲹生物学和养殖技术[M]. 北京: 海洋出版社, 2017: 1-2.
- [3] 张殿昌,马振华. 卵形鲳鲹繁育理论与养殖技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015: 1-3.
- [4] 熊添,吴燕燕,林婉玲,等. 即食调味金鲳鱼工艺技术研究[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(13): 180-186.
- [5] YANG Q, GUO L, LIU B, et al. Effects of stocking density on the growth performance, serum biochemistry, muscle composition and *HSP70* gene expression of juvenile golden pompano *Trachinotus ovatus* (Linnaeus, 1758)[J]. *Aquaculture*, 2020: 734-841. DOI:10.1016/j.aquaculture.2019.734841.
- [6] ZHANG G, ZHANG X, Ye H, et al. Construction of high-density genetic linkage maps and QTL mapping in the golden pompano[J]. *Aquaculture*, 2018, 482: 90-95.
- [7] 李远友,李孟孟,汪萌,等. 卵形鲳鲹营养需求与饲料研究进展[J]. *渔业科学进展*, 2019, 40(1): 167-177.
- [8] 林川,何永姑,王小兵. 卵形鲳鲹深海网箱养殖渔获模式的研究[J]. *热带生物学报*, 2018, 9(4): 363-369.
- [9] YOU C, CHEN B, WANG M, et al. Effects of dietary lipid sources on the intestinal microbiome and health of golden pompano (*Trachinotus ovatus*)[J]. *Fish Shellfish Immunol*, 2019, 89: 187-197.
- [10] 王志芳,郭忠宝,罗永巨,等. 淡水石斑鱼与3种罗非鱼肌肉营养成分的分析比较[J]. *南方农业学报*, 2018, 49(1): 164-171.
- [11] 刘芳芳,杨少玲,林婉玲,等. 七种海水鱼背部肌肉营养成分及矿物元素分布与健康评价[J]. *水产学报*, 2019, 43(11): 2413-2423.
- [12] 熊添,吴燕燕,李来好,等. 卵形鲳鲹肌肉原料特性及食用品质的分析与评价[J]. *食品科学*, 2019, 40(17): 104-112.
- [13] 郭萌萌,何晨,张诗苑,等. 金鲳鱼不同组织脂肪酸组成比较[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(9): 45-50.
- [14] 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.
- [15] PELLET P I, YOUNG V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]// *Food and Nutrition*. Tokyo: United Nations University Publishing Company, 1980: 26-29.
- [16] 赵亭亭,陈超,邵彦翔. 雌雄条纹锯鲷肌肉营养成分的比较与评价[J]. *渔业科学进展*, 2019, 40(3): 151-159.
- [17] 黄薇,张忠华,施永海,等. 养殖斑尾复虾虎鱼肌肉营养成分分析和评价[J]. *动物营养学报*, 2014, 26(9): 2866-2873.
- [18] 张永泉,尹家胜,杜佳,等. 雌雄洛氏鲮肌肉营养成分的比较分析[J]. *食品科学*, 2013, 34(17): 259-262.
- [19] 韩现芹,宋文平,姜巨峰,等. 雌雄细鳞斜颌鲷不同部位蛋白质营养价值的比较与评价[J]. *广东海洋大学学报*, 2013, 33(3): 33-40.
- [20] 姜巨峰,韩现芹,傅志茹,等. 雌、雄团头鲂肌肉和皮肤主要营养成分的比较分析[J]. *饲料工业*, 2012, 33(10): 11-14.
- [21] 姜巨峰,韩现芹,傅志茹,等. 雌雄短吻新银鱼肌肉营养成分的比较分析及评价[J]. *广东海洋大学学报*, 2011, 31(4): 23-29.
- [22] 姜巨峰,韩现芹,傅志茹,等. 雌雄鲢鱼肌肉和皮肤主要营养成分的比较分析[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 2012, 17(1): 6-12.
- [23] 程波,陈超,王印庚,等. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *渔业科学进展*, 2009, 30(5): 51-57.
- [24] 赵亭亭,张岩,陈超,等. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *渔业科学进展*, 2018, 39(6): 89-96.
- [25] 王林娜,田永胜,唐江,等. 云纹石斑鱼、鞍带石斑鱼及杂交“云龙斑”肌肉营养成分分析及品质评价[J]. *水产学报*, 2018, 42(7): 1085-1093.
- [26] 岑剑伟,郝淑贤,魏涯,等. 不同来源鲢科鱼肌肉营养组成比较[J]. *南方农业学报*, 2020, 51(1): 176-182.
- [27] 陈春秀,马超,贾磊,等. 不同月龄云纹石斑鱼(♀)×鞍带石斑鱼(♂)杂交后代肌肉营养成分分析与品质评价[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(6): 163-167.
- [28] 农新闻,米强,朱瑜,等. 卵形鲳鲹的含肉率及肌肉营养价值研究[J]. *中国水产*, 2008(9): 73-75.
- [29] 徐革锋,叶远涛,刘洋,等. 雌雄细鳞鱼肌肉营养成分比较分析[J]. *水产学杂志*, 2010, 23(2): 29-33.
- [30] 林川,何永姑,王小兵. 基于卵形鲳鲹商品鱼品质控制的营养成分分析[J]. *现代食品*, 2018, 4(15): 126-129.
- [31] 章超桦,解万翠. 水产风味化学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2012: 21-22.
- [32] 胡玉婷,段国庆,凌俊,等. 雌雄养殖温州光唇鱼肌肉营养成分的比较分析[J]. *水产养殖*, 2020, 41(3): 25-30.
- [33] 陈涛,李伟峰. 红鳍鲷肌肉营养成分分析[J]. *海洋湖沼通报*, 2016, 38(6): 67-72.
- [34] 郭芮,王小瑞,苏红,等. 红鳍东方鲀鱼肉、肝脏、鱼皮中营养物质的比较与分析[J]. *河北农业大学学报*, 2017, 40(6): 77-82.
- [35] 钟鸿干,马军,姜芳燕,等. 2种养殖模式下斑石鲷肌肉营养成分及品质的比较[J]. *江苏农业科学*, 2017, 45(1): 155-158.
- [36] 徐钢春,顾若波,张呈祥,等. 刀鲚两种生态类群-“江刀”和“海刀”鱼肉营养组成的比较及品质的评价[J]. *海洋渔业*, 2009, 31(4): 401-409.
- [37] 邹盈,李彦坡,戴志远,等. 三种金枪鱼营养成分分析与评价[J]. *农产品加工*, 2018, 17(10): 43-47.
- [38] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J]. *中国水产科学*, 2005, 12(2): 211-215.
- [39] 孙翔宇,高贵田,段爱莉,等. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(7): 418-423.



- [40] 崔和平, 郭兴凤. 多不饱和脂肪酸对人体神经系统保健作用研究进展 [J]. 河南工业大学学报 (自然科学版), 2012, 33(3): 97-102.
- [41] 周礼敬, 沈东霞, 詹会祥. 鱼类肌肉营养成分与人体健康研究 [J]. 畜牧与饲料科学, 2013, 34(5): 69-71.
- [42] 王伟, 张伟敏. 单不饱和脂肪酸的功能特性 [J]. 中国食物与营养, 2005, 11(4): 44-46.
- [43] 蒋瑜, 熊文珂, 殷俊玲, 等. 膳食中  $\omega$ -3 和  $\omega$ -6 多不饱和脂肪酸摄入与心血管健康的研究进展 [J]. 粮食与油脂, 2016, 29(11): 1-5.
- [44] WANG S, WU J, SUBURU J, et al. Effect of dietary polyunsaturated fatty acids on castration-resistant Pten-null prostate cancer[J]. *Carcinogenesis*, 2012, 33(2): 404-412.
- [45] JARMAKIEWICZ-CZAJA S, PIATEK D, FILIP R. The influence of nutrients on inflammatory bowel diseases[J]. *J Nutr Metab*, 2020. DOI: [10.1155/2020/2894169](https://doi.org/10.1155/2020/2894169).
- [46] BRASKY T M, NEUHOUSER M L, COHN D E, et al. Associations of long-chain omega-3 fatty acids and fish intake with endometrial cancer risk in the vitamins and lifestyle cohort[J]. *Am J Clin Nutr*, 2014, 99(3): 599-608.
- [47] 瞿文, 宋超, 赵峰, 等. 长江口凤鲚雌雄成体营养成分分析与比较 [J]. 海洋渔业, 2017, 39(3): 297-305.