

doi: 10.7541/2015.95

# 野生与池塘、工厂化养殖牙鲆肌肉理化品质及质构特性比较研究

胡盼 高乔 韩雨哲 姜志强 霍圃宇 苏鹏

(大连海洋大学, 农业部北方海水增养殖重点实验室, 大连 116023)

**摘要:** 实验以牙鲆为研究对象, 测定野生与池塘、工厂化养殖牙鲆肌肉的持水性、胶原蛋白含量、肌纤维直径和质构特性, 以了解3种生长方式下牙鲆肌肉理化品质及质构特性的差异。结果表明: (1) 3种生长方式牙鲆有眼侧及无眼侧肌肉的滴水损失均呈野生组>池塘组>工厂化组( $P<0.01$ ); 工厂化组失水率显著小于野生组及池塘组( $P<0.01$ ), 而野生组与池塘组无显著差异( $P>0.05$ )。 (2) 3种生长方式牙鲆有眼侧及无眼侧肌肉胶原蛋白含量和纤维直径差异均不显著 ( $P>0.05$ )。 (3) 通过主成分分析, 发现黏附性和胶黏性是反映牙鲆肌肉质构特性的主要因素。工厂化养殖牙鲆肌肉具有较好的持水能力, 池塘养殖牙鲆肌肉的理化品质和质构特性与野生牙鲆相近。野生牙鲆并没有在理化特性上表现出明显优势。

**关键词:** 牙鲆; 野生; 池塘养殖; 工厂化养殖; 理化品质; 质构特性

中图分类号: Q954.6 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2015)04-0723-07

牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)俗称牙片、偏口, 属鲽形目、鲽总科、鲆科、牙鲆属<sup>[1]</sup>, 系名贵的暖温性、底栖海产经济鱼类, 是我国北方沿海重要的海水增养殖鱼类之一。牙鲆具有经济价值高、生长快、易高密度运输等优点, 其肉质细嫩、味道鲜美, 利用率高, 属高蛋白、低脂肪、富含维生素的优质比目鱼类<sup>[2]</sup>。随着人们生活水平的不断提高, 对食用鱼类(特别是名贵海水鱼类)的需求量和品质都有较高要求。近年来, 随着酷渔滥捕和海洋污染等现象日趋严重, 牙鲆等海产鱼类的天然资源量在显著下降, 故海产鱼类增养殖产业亟需开展和完善。目前, 工厂化养殖、池塘养殖和网箱养殖是海产鱼类养殖的主要形式<sup>[2]</sup>。尽管这些养殖方式各有优缺点, 但不同生长方式对牙鲆肌肉品质影响的相关研究尚未见报道。

国内已有很多学者对不同养殖模式下其他鱼类的肌肉品质差异进行研究, 如马玲巧等<sup>[3]</sup>对水库网箱和池塘养殖斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*); 王志铮等<sup>[4]</sup>对池塘专养、池塘套养、水库放养的三种不同养殖方式下的日本鳗鲡(*Anguilla japonica*)的肌

肉品质进行测定比较; 高露姣等<sup>[5]</sup>对大连养殖模式、河北养殖模式、丹东养殖模式的红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)的肌肉物理特性进行分析。这些研究均认为鱼类肌肉品质与质构特性会因生活环境不同存在差异, 所以通过鉴定野生和池塘、工厂化养殖牙鲆的肌肉理化品质和质构特性的差异, 为牙鲆的肌肉品质鉴定提供参考, 并为牙鲆养殖技术的研究与推广提供基础资料。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

样品1: 2013年10月在辽宁省东港市附近海域捕获野生牙鲆15尾。体重为(743.60±115.81)g, 体长为(35.44±2.02)cm。

样品2: 2013年11月在辽宁省东港市购买池塘养殖牙鲆18尾。体重(689.67±161.30)g, 体长为(34.12±3.16)cm。

样品3: 2013年11月在辽宁省大连市鹤圣丰海产品养殖场购买工厂化养殖牙鲆16尾。体重(669.63±107.12)g, 体长为(34.83±1.67)cm。

收稿日期: 2014-11-12; 修订日期: 2015-03-05

基金项目: 海水池塘高效清洁养殖关键技术研究; 科技部十二五支撑计划(2011BAD13B03)资助

作者简介: 胡盼(1989—), 女, 辽宁彰武人; 硕士研究生; 主要从事水产动物繁育研究。E-mail: hupan19891203@163.com

通信作者: 姜志强(1960—), 男, 教授; 研究方向为鱼类生物学。E-mail: zhqjiang@dlou.edu.cn

3种模式下的牙鲆样品均为商品规格,随机取样并测量个体。3种生长方式牙鲆各取10尾,每尾鱼作为一个样本,分别测定失水率、滴水损失、肌纤维直径以及质构。另每种鱼各取3尾测定胶原蛋白含量。

### 1.2 样品处理

通过木锤击打实验鱼头部至晕,去皮及内脏等后分别取其有眼侧和无眼侧肌肉进行各指标测定,其中进行质地多面剖析(Texture profile analysis, TPA)测定时,将样品切成2.0 cm×2.0 cm×2.0 cm的方块装入聚乙烯自封袋中。测定肌纤维直径的样品大小为2.0 cm×0.5 cm×0.5 cm。样品先用Bouin's液固定24h,再用70%乙醇洗涤至溶液无色,保存于70%乙醇中。常规石蜡包埋,进行横向的连续切片,厚度为4—6 μm, HE染色,中性树胶封片, Nikon eslipse 50i显微镜观察, Nikon coolpix 5400数码相机照相。每个样品重复取样3次进行测定,取其平均值进行分析。

### 1.3 测定方法

参照文献方法分别测定鱼体的肌肉失水率<sup>[6]</sup>、滴水损失<sup>[7]</sup>。羟脯氨酸是胶原蛋白的特异性氨基酸且含量稳定<sup>[8]</sup>,主要存在于胶原蛋白中,不存在于一般蛋白质中<sup>[9]</sup>,因而可通过测定样品中羟脯氨酸的含量计算出胶原蛋白的含量。用南京建成试剂盒测定羟脯氨酸含量,将羟脯氨酸含量乘以换算系数14.1<sup>[10]</sup>即得到胶原蛋白含量。参照杨博辉等<sup>[11]</sup>的测定方法测定肌纤维直径,在10×40倍的光镜下进行观察,肌纤维直径测定3个样本,每个样本观察30条肌纤维,并记录其直径。

采用美国Food Technology Corporation公司生产的TMS-Pro型质构分析仪测定质构。探头为6 mm的平底柱形探头P/6,力量感应元的量程25 N;探头回升到样品表面上高度为15 mm;压缩形变量为40%;测试前速度为60 mm/min;测试速度60 mm/min;测试后速度60 mm/min;时间间隔为5s。

### 1.4 数据处理

数据采用Excel 2003软件进行整理,SPSS 17.0进行主成分分析以及单因素方差分析、Duncan多重比较,结果用平均值±标准差表示,不同字母表示差异性显著,以 $P<0.05$ 为显著性差异。相关性分析采用10个样本测得的6个质构指标做成6×6的矩阵,并使用SPSS 17.0软件对矩阵进行相关性分析。

## 2 结果

### 2.1 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉滴水损失及失水率

由表1可知,有眼侧和无眼侧肌肉滴水损失均呈野生组>池塘组>工厂化组( $P<0.01$ )。有眼侧和无眼侧肌肉失水率均呈野生组~池塘组>工厂化组,工厂化组失水率显著小于野生组及池塘组( $P<0.01$ ),而野生组与池塘组无显著差异( $P>0.05$ )。

### 2.2 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉胶原蛋白含量

由图1可知,野生、池塘及工厂化养殖牙鲆有眼侧肌肉胶原蛋白含量依次为0.54%、0.25%和0.60%,无眼侧依次为0.21%、0.16%和0.63%,且均无显著性差异( $P>0.05$ )。

### 2.3 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌纤维直径

由图2可知,野生、池塘及工厂化养殖牙鲆有眼侧肌肉直径为63.10、63.36和55.83 μm。而无眼侧肌肉为66.80、64.43和58.05 μm。3种生长方式的牙鲆有眼侧及无眼侧肌肉的肌纤维直径均无显著性差异( $P>0.05$ )。

### 2.4 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉质构比较

由表2可知,3种生长方式牙鲆有眼侧肌肉硬度呈工厂化组>池塘组( $P<0.05$ ),但二者与野生组均无显著差异( $P>0.05$ ),牙鲆无眼侧肌肉硬度呈工厂化组>池塘组~野生组。有眼侧肌肉黏附性呈工厂化组>野生组>池塘组( $P<0.05$ );无眼侧肌肉黏附性呈工

表1 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉滴水损失及失水率  
Tab. 1 The drip loss and water loss in the muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus* ( $n=10$ , %)

项目 Item	有眼侧肌肉 Eye-side muscle			无眼侧肌肉 Blind-side muscle		
	野生 Wild	池塘 Pond	工厂化 Factory	野生 Wild	池塘 Pond	工厂化 Factory
滴水损失 Drip losses	14.47±2.45 <sup>a</sup>	6.39±1.13 <sup>b</sup>	3.42±1.77 <sup>a</sup>	12.13±2.11 <sup>c</sup>	5.87±1.12 <sup>b</sup>	3.05±0.73 <sup>a</sup>
失水率 Water losses	23.67±2.17 <sup>b</sup>	22.06±1.90 <sup>b</sup>	16.20±2.32 <sup>a</sup>	25.04±4.12 <sup>b</sup>	22.72±2.60 <sup>b</sup>	17.64±3.00 <sup>a</sup>

注:同行3组数据有眼侧和无眼侧分别比较,不同的上标字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: 3 values of eye-side muscle or blind-side muscle in the same line with different letters are significantly different ( $P<0.05$ )

厂化组>池塘组( $P<0.05$ ), 但二者与野生组均无显著差异( $P>0.05$ )。有眼侧肌肉内聚性呈野生组>池塘组 $\approx$ 工厂化组; 无眼侧肌肉内聚性呈野生组 $\approx$ 池塘组>工厂化组。有眼侧肌肉弹性呈野生组>工厂化组>池塘组( $P<0.05$ ); 无眼侧肌肉弹性呈野生组>池塘组( $P<0.05$ ), 二者与工厂化组均无显著差异( $P>0.05$ )。3种生长方式牙鲈有眼侧肌肉胶黏性差异均不显著( $P>0.05$ ); 无眼侧肌肉胶黏性呈工厂化组>池塘组( $P<0.05$ ), 但二者与野生组均无显著差异( $P>0.05$ )。有眼侧肌肉咀嚼性野生组 $\approx$ 工厂化组>池塘组; 3种生长方式牙鲈无眼侧肌肉咀嚼性差异不显著( $P>0.05$ )。

### 2.5 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈肌肉质构品质的相关性分析

由表 3 可知, 3 种生长方式牙鲈有眼侧肌肉硬度分别与胶黏性和咀嚼性呈正相关( $R$  分别为 0.92 和 0.73); 内聚性与弹性呈正相关( $R=0.77$ ); 弹性和咀嚼性呈正相关( $R=0.55$ ); 胶黏性与咀嚼性呈极正相关( $R=0.92$ )。

由表 4 可知, 3 种生长方式牙鲈无眼侧肌肉硬度分别与黏附性、胶黏性和咀嚼性呈正相关( $R$  分别为 0.59、0.94 和 0.85), 而与内聚性呈负相关( $R=-0.66$ );

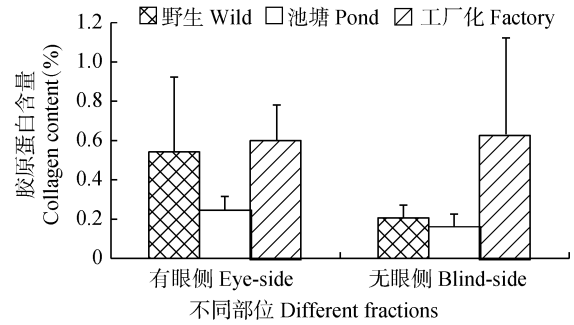


图 1 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈肌肉胶原蛋白含量  
Fig. 1 The collagen content in muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus* ( $n=3$ , %)

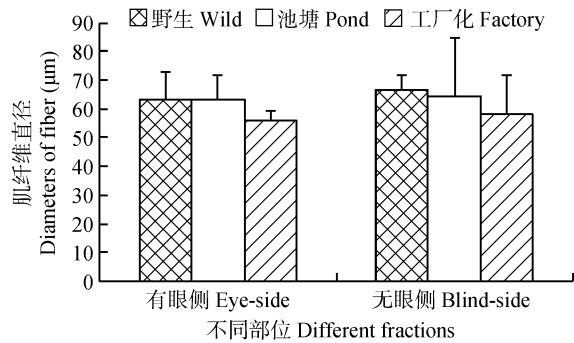


图 2 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈肌肉肌纤维直径  
Fig. 2 The diameters of muscle fibers of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus* ( $n=30$ ,  $\mu\text{m}$ )

表 2 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈肌肉质构品质

Tab. 2 The textural properties of the muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus* ( $n=10$ )

项目 Item	有眼侧肌肉 Eye-side muscle			无眼侧肌肉 Blind-side muscle		
	野生 Wild	池塘 Pond	工厂化 Factory	野生 Wild	池塘 Pond	工厂化 Factory
硬度 Hardness	3.36±1.33 <sup>ab</sup>	3.14±0.95 <sup>a</sup>	4.75±2.06 <sup>b</sup>	2.31±0.64 <sup>a</sup>	2.62±1.79 <sup>a</sup>	4.52±1.97 <sup>b</sup>
黏附性 Adhesiveness	0.10±0.01 <sup>b</sup>	0.05±0.01 <sup>a</sup>	0.13±0.05 <sup>c</sup>	0.08±0.01 <sup>ab</sup>	0.05±0.03 <sup>a</sup>	0.11±0.06 <sup>b</sup>
内聚性 Cohesiveness	0.60±0.04 <sup>b</sup>	0.48±0.08 <sup>a</sup>	0.45±0.03 <sup>a</sup>	0.60±0.04 <sup>b</sup>	0.53±0.12 <sup>b</sup>	0.43±0.05 <sup>a</sup>
弹性 Springiness	3.80±0.29 <sup>c</sup>	2.52±0.38 <sup>a</sup>	2.89±0.21 <sup>b</sup>	2.83±0.34 <sup>b</sup>	1.83±0.70 <sup>a</sup>	2.33±0.59 <sup>ab</sup>
胶黏性 Gumminess	1.98±0.72	1.47±0.41	2.08±0.85	1.39±0.42 <sup>ab</sup>	1.25±0.83 <sup>a</sup>	1.93±0.73 <sup>b</sup>
咀嚼性 Chewiness	7.49±2.68 <sup>b</sup>	3.73±1.28 <sup>a</sup>	6.02±2.57 <sup>b</sup>	4.01±1.46	2.72±2.58	4.81±2.83

注: 同行 3 组数据有眼侧及无眼侧分别比较, 不同的上标字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Note: 3 values of eye-side muscle or blind-side muscle in the same line with different letters are significantly different ( $P<0.05$ )

表 3 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈有眼侧肌肉质构指标之间的相关性分析

Tab. 3 The correlation analysis of textural properties of the eye-side muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus*

项目 Item	硬度 Hardness	黏附性 Adhesiveness	内聚性 Cohesiveness	弹性 Springiness	胶黏性 Gumminess	咀嚼性 Chewiness
硬度 Hardness	1					
黏附性 Adhesiveness	0.45	1				
内聚性 Cohesiveness	-0.41	-0.08	1			
弹性 Springiness	-0.08	0.30	0.77	1		
胶黏性 Gumminess	0.92	0.43	-0.05	0.21	1	
咀嚼性 Chewiness	0.73	0.44	0.26	0.55	0.92	1

黏附性分别与弹性、胶黏性和咀嚼性呈正相关( $R$ 分别为0.58、0.55和0.66);弹性分别与胶黏性、咀嚼性呈正相关( $R$ 分别为0.62和0.79);胶黏性与咀嚼性呈极正相关( $R=0.94$ )。

## 2.6 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉质构指标的主成分分析

本研究对野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉质构指标进行了主成分分析,确定影响3种不同生长方式牙鲆肌肉质构的主要因素,为进一步对3种生长方式牙鲆肌肉物理品质的鉴定提供理论参考。

如表5所示,根据特征值大于1的原则,对3种生长方式牙鲆有眼侧和无眼侧肌肉质构指标进行主成分分析,均提取了2个主成分,特征值分别是3.12、1.97和4.04、1.08,方差累贡献率分别达到84.73%和85.38%。这说明提取出的2个主成分可反映上述6个质构指标的基本信息,因此,这2个主成分指标可代替原有的质构指标进行评价。

由表6可知,主成分1( $PC_1$ )分别单独说明了有眼侧和无眼侧肌肉的质构指标原始数据标准变异的51.92%和67.41%,代表变量均为硬度、黏附性、胶黏性和咀嚼性,因为硬度和咀嚼性均与胶黏性呈极

正相关,所以第一主分量主要反映的是肌肉胶黏性和黏附性的品质。主成分( $PC_2$ )分别单独说明了有眼侧和无眼侧肌肉的质构指标原始数据标准变异的32.81%和17.97%,代表变量均为弹性和内聚性。

## 3 讨论

### 3.1 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆肌肉理化品质比较

滴水损失反映的是肌肉蛋白质的持水能力,滴水损失越大意味着失水率越大,滴水损失越低肉质越好<sup>[12]</sup>。本研究发现,工厂化养殖牙鲆肌肉滴水损失和失水率均显著小于野生组和池塘组,野生牙鲆肌肉滴水损失最高。说明在加工过程中,工厂化养殖牙鲆的肌肉水分损失较小,工厂化养殖的牙鲆肌肉与野生和池塘养殖的牙鲆相比具有较好的持水能力,野生牙鲆的持水能力最低,而池塘养殖牙鲆持水能力介于二者之间。

胶原蛋白在生物体内起机械支撑和维护组织与器官完整性的作用<sup>[13]</sup>。胶原蛋白也是一种重要的功能性蛋白质,可促进骨骼的形成及增强皮肤弹性,具有美容和保健功能<sup>[14]</sup>。在本研究中,3种生长方式的牙鲆有眼侧和无眼侧肌肉胶原蛋白并无显著差异

表4 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆无眼侧肌肉质构指标之间的相关性分析

Tab. 4 The correlation analysis of textural properties of the blind-side muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus*

项目 Item	硬度 Hardness	黏附性 Adhesiveness	内聚性 Cohesiveness	弹性 Springiness	胶黏性 Gumminess	咀嚼性 Chewiness
硬度 Hardness	1					
黏附性 Adhesiveness	0.59	1				
内聚性 Cohesiveness	-0.66	-0.31	1			
弹性 Springiness	0.47	0.58	-0.08	1		
胶黏性 Gumminess	0.94	0.55	-0.44	0.62	1	
咀嚼性 Chewiness	0.85	0.66	-0.28	0.79	0.94	1

表5 野生、池塘及工厂化养殖牙鲆有眼侧及无眼侧肌肉相关矩阵的特征值

Tab. 5 The eigenvalues of the correlated matrix of the eye-side and blind-side muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus*

项目 Item	有眼侧肌肉 Eye-side muscle			无眼侧肌肉 Blind-side muscle		
	特征值 Characteristic value	百分率 Percentage (%)	累计百分率 Accumulative percentage (%)	特征值 Characteristic value	百分率 Percentage (%)	累计百分率 Accumulative percentage (%)
1	3.12	51.92	51.92	4.04	67.41	67.41
2	1.97	32.81	84.73	1.08	17.97	85.38
3	0.74	12.26	96.99	0.53	8.86	94.24
4	0.15	2.52	99.51	0.32	5.27	99.51
5	0.03	0.46	99.97	0.02	0.31	99.82
6	0.002	0.03	100.00	0.01	0.18	100.00

表 6 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈有眼侧及无眼侧肌肉规格化特征向量

Tab. 6 The normalization of eigenvectors of the eye-side and blind-side muscles of the wild, pond- and factory-cultured *P. olivaceus*

项目 Item	有眼侧肌肉 Eye-side muscle		无眼侧肌肉 Blind-side muscle	
	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>
硬度 Hardness	0.48	-0.36	0.46	-0.29
黏附性 Adhesiveness	0.36	-0.02	0.37	0.16
弹性 Springiness	0.24	0.61	0.37	0.52
内聚性 Cohesiveness	0.03	0.68	-0.26	0.76
胶黏性 Gumminess	0.54	-0.12	0.47	-0.04
咀嚼性 Chewiness	0.54	0.14	0.47	0.21

( $P>0.05$ ), 含量范围为 0.16%—0.63%。与梁萌青等<sup>[15]</sup>测得的养殖牙鲈肌肉可溶性胶原蛋白和不溶性胶原蛋白总含量相似, 但比脆肉鲩(*Ctenopharyngodon idellus*)<sup>[16]</sup>、兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)、鲇(*Silurus asotus*)、黄河鲤(*Cyrinus carpio*)<sup>[12]</sup>等鱼类的肌肉胶原蛋白含量要高。但从胶原蛋白含量平均值的趋势上看是有差异的, 即工厂化组>野生组>池塘组。Maria 等<sup>[17]</sup>也认为动物的个体大小、种类、生活区域和性别不同均可引起其胶原蛋白含量的差异。

肌纤维直径是评价鱼类肌肉品质特征的一个重要物理参数, 纤维直径越细, 肌肉硬度就越小, 鱼类口感越好<sup>[12]</sup>。在本研究中, 野生与池塘、工厂化养殖牙鲈肌纤维直径无显著差异, 表明不同生长方式的同种鱼类肌肉纤维在组织学上没有明显差异, 野生鱼也没有表现出人们所期待的优势, 徐斌等<sup>[18]</sup>也得出了相似结论。牙鲈与草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*) $196.0\ \mu\text{m}$ <sup>[19]</sup>、脆肉鲩 $108.1\ \mu\text{m}$ <sup>[20]</sup>等淡水鱼类相比, 肌肉的肌纤维直径要细; 但比尼罗罗非鱼(*Tilapia nilotica*) $50.0\ \mu\text{m}$ 、条纹斑竹鲨(*Chiloscyllium plagiosum*) $45.9\ \mu\text{m}$ <sup>[18]</sup>纤维直径要粗。这在一定程度上反映了不同生活环境、不同品种的鱼类肌肉品质存在差异。同时, 本研究还发现牙鲈肌肉肌纤维直径与胶原蛋白从数值的趋势上来看呈负相关(图 1、2)。这是因为随着肌纤维的加粗, 肌肉的结缔组织发生变化, 胶原蛋白也随之减少, 故肌肉呈现松弛状态。这与李文倩等<sup>[21]</sup>对鳊(*Siniperca chuatsi*)及 Periago 等<sup>[22]</sup>对狼鲈(*Morone labrax*)的研究结论一致。

### 3.2 野生、池塘及工厂化养殖牙鲈肌肉质构特性比较

食品的质构是与食品组织结构及状态有关的物

理性质。很多因素会影响鱼肉质构的变化, 如宰杀过程、处理方式、生物学特性等<sup>[23]</sup>。水产品的质构特性决定了其在食用时的口感, 日益受到消费者的重视<sup>[15]</sup>。本研究通过质地多面剖析(TPA)测试发现, 工厂化牙鲈具有较高的硬度、黏附性、胶黏性和咀嚼性, 野生牙鲈具有较高的内聚性和弹性, 池塘养殖牙鲈肌肉各质构特性与野生牙鲈相近。马玲巧等<sup>[3]</sup>研究同样发现, 池塘组斑点叉尾鲷肌肉的硬度、胶黏性和咀嚼性均显著低于水库网箱组, 与本研究相一致。胡芬等<sup>[24]</sup>认为鱼类肌肉硬度较大、弹性较强, 口感会更好。梁萌青等<sup>[15]</sup>也认为弹性模拟鱼肉在口腔行为, 弹性越大, 肉质越爽脆。这说明工厂化牙鲈在食用时口感的惬意程度较好, 而野生牙鲈并没有表现出明显的优势。

主成分分析是将多数指标转化为少数几个互不相关的综合指标, 而又尽可能多的反映原变量信息的分析方法<sup>[25]</sup>。对 3 种生长方式牙鲈有眼侧和无眼侧肌肉质构指标进行主成分分析, 提取了 2 个主成分, 基本涵盖了原来 6 个指标的主要特征, 得出胶黏性和黏附性是反映野生、池塘及工厂化养殖牙鲈肌肉品质的主要特质。这与杨元昊等<sup>[12]</sup>、胡芬等<sup>[24]</sup>、徐惠萍等<sup>[26]</sup>研究不一致, 可能是不同物质其结构特性和组成成分不同引起的。本研究还发现, 硬度、黏附性、胶黏性和咀嚼性等指标总体上呈工厂化组 $\geq$ 野生组 $\geq$ 池塘组, 而 3 种生长方式牙鲈肌肉中胶原蛋白含量呈现相同的趋势, 纤维直径呈现相反的趋势。这表明牙鲈肌肉中胶原蛋白含量与硬度、黏附性、胶黏性、咀嚼性等质构指标存在某种程度的正相关, 而纤维直径则与之呈不同程度的负相关, 具体相关程度有待进一步研究。3 种生长方式牙鲈肌肉持水能力呈工厂化组>池塘组 $\geq$ 野生组, 与质构指标并没有线性对应关系。

综上所述, 通过上述指标对 3 种不同生长方式的牙鲈肌肉理化品质和质构特性进行比较, 可以得出工厂化养殖牙鲈具有较好的持水能力, 胶黏性和黏附性是 3 种生长方式牙鲈肌肉质构特性的主要因素, 池塘养殖牙鲈肌肉的理化品质和质构特性与野生牙鲈相近。这可能与不同生长方式牙鲈食物组成、摄食量及食物获得难易程度有关。野生牙鲈捕食主要以鱼为主, 也食虾类、蟹类、软体动物、环节动物、棘皮动物等<sup>[27]</sup>。但其捕食量小于池塘和工厂化养殖牙鲈, 且野生牙鲈生活水体大, 加之敌害生物

的存在,增加了其捕食难度;工厂化养殖牙鲈为保证增养殖效率,每日摄食玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)和鳀(*Engraulis japonicus*)等饲料鱼,食物易获得且摄食量大;池塘养殖牙鲈的生长环境与自然状态下野生牙鲈相似,但由人工喂养,营养充足。可能是造成其持水能力和质构特性上差异的原因。

牙鲈肌肉胶原蛋白含量和肌纤维直径差异不显著,野生牙鲈并没有表现出理化特性的明显优势。相关研究表明牙鲈生性胆小,平时生活于水体底部,不集群游动,平时集中或分散伏于水底,觅食时才有明显游动,并且游动速度较慢<sup>[2]</sup>。牙鲈这种饱食寡动的生态习性可能是造成上述结论产生的原因。

#### 参考文献:

- [1] Meng Q W, Su J X, Liao X Z. Taxonomy of Fishes [M]. Beijing: China Agriculture Press. 1995, 945—946 [孟庆闻, 苏锦祥, 繆学组. 鱼类分类学. 北京: 中国农业出版社. 1995, 945—946]
- [2] Zhang Y, Chen S Q, Yu D X, et al. *Paralichthys olivaceus* Healthy Breeding Technology [M]. Beijing: Ocean Press. 2005, 9—10 [张岩, 陈四清, 于东祥, 等. 牙鲈健康养殖技术. 北京: 海洋出版社. 2005, 9—10]
- [3] Ma L Q, Qi C L, Cao J J, et al. Comparative study on muscle texture profile and nutritional value of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) reared in ponds and reservoir cages [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, **38**(4): 531—536 [马玲巧, 元成龙, 曹静静, 等. 水库网箱和池塘养殖斑点叉尾鲷肌肉营养成分和品质的比较分析. 水产学报, 2014, **38**(4): 531—536]
- [4] Wang Z Z, Fu Y J, Yang L, et al. Variations in body color and flesh quality of *Anguilla japonica* populations in different culture models [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, **44**(4): 1042—1049 [王志铮, 付英杰, 杨磊, 等. 三种养殖模式下日本鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 养成品种体色和肌肉品质的差异. 海洋与湖沼, 2013, **44**(4): 1042—1049]
- [5] Gao L J, Huang Y Q, Xia L J, et al. Comparison of flesh quality of farmed fugu, *Takifugu rubripes* from different culture models [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2011, **35**(11): 1668—1676 [高露姣, 黄艳青, 夏连军, 等. 不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较. 水产学报, 2011, **35**(11): 1668—1676]
- [6] Li X X. A study of feeding tilapia, grass carp in brackish water to improve meat quality [D]. Shanghai Fisheries University, Shanghai. 2006 [李星星. 半咸水暂养罗非鱼、草鱼改善其品质的研究. 上海水产大学, 上海. 2006]
- [7] Zhang W, Su Y Q, Lin Y, et al. Preliminary study on the fish physical and chemical characteristics and quality [C]. The Third Marine Life High-tech Forum, 2005, **8**: 19—23 [张纹, 苏永全, 林燕, 等. 鱼肉理化特性与品质研究的初探. 第三届海洋生物高技术论坛, 2005, **8**: 19—23]
- [8] Guo H B, Zeng Q Z, Yan L, et al. Spectrophotometric determination of hydroxyproline content in fish skins [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2007, **23**(7): 81—83 [郭恒斌, 曾庆祝, 闫磊, 等. 分光光度法测定鱼皮中羟脯氨酸含量. 现代食品科技, 2007, **23**(7): 81—83]
- [9] Cheng B, Hu Y L, Lü Z, et al. Study on determination of collagen in the fin of cultivated sturgeon [J]. *China Food Additives*, 2008, **4**: 126—129 [程波, 户业丽, 吕中, 等. 人工养殖鲟鱼鳍中胶原蛋白含量的测定. 中国食品添加剂, 2008, **4**: 126—129]
- [10] Iona K, Zdzislaw E S, Celina N. Parameters affecting the isolation of collagen from squid (*Illex argentinus*) skins [J]. *Food Chemistry*, 1999, **66**(2): 153—157
- [11] Yang B H, Yao J, Wang M Q, et al. Histological features of Datong yak muscle fiber [J]. *China Herbivores*, 2001, **3**(5): 34—35 [杨博辉, 姚军, 王敏强, 等. 大通牦牛肌肉纤维组织学特性研究. 中国草食动物, 2001, **3**(5): 34—35]
- [12] Yang Y H, He Y L, Zhou J S, et al. Quality evaluation of the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, **37**(1): 54—61 [杨元昊, 贺玉良, 周继术, 等. 兰州鲇与鲇、黄河鲤鱼肌肉品质比较研究. 水生生物学报, 2013, **37**(1): 54—61]
- [13] Zhuo S Z. Studies on characteristic, composition and application of the collagen from anglerfish (*Lophius litulon*) skin [D]. Zhejiang Gongshang University, Zhejiang. 2009 [卓素珍. 鮟鱇鱼皮胶原蛋白性质、组成及应用研究. 浙江工商大学, 浙江. 2009]
- [14] Mi Y, Hui J F, Fan D D, et al. The biocompatibility of human-like collagen [J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2004, **34**(1): 66—70 [米钰, 惠俊峰, 范代娣, 等. 类人胶原蛋白生物相容性实验研究. 西北大学学报 (自然科学版), 2004, **34**(1): 66—70]
- [15] Liang M Q, Lei J L, Wu X Y, et al. Comparison of nutrient components and quality in muscles of *Scophthalmus maximus*, *Paralichthys olivaceus* and *Cynoglossus semilaevis* [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2010, **31**(4): 113—119 [梁萌青, 雷霖霖, 吴新颖, 等. 3种主养鲆类的营养成分分析及品质比较研究. 渔业科学进展, 2010, **31**(4): 113—119]
- [16] Liu B H, Yu E M, Xie J, et al. The physicochemical quality and factors of collagen in skins and muscles of *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2012, **40**(2): 200—204 [刘邦辉, 郁二蒙, 谢骏, 等. 脆肉鲩鱼皮和肌肉胶原蛋白的理化特性及其影响因素研究. 江苏农业科学, 2012, **40**(2): 200—204]
- [17] Maria S, Zdzislaw E S. Collagen in the tissues of squid (*Illex argentinus* and *Loligo Patagonica*)-content and solubility [J]. *Journal of Food Biochemistry*, 1987, **11**(2): 109—120
- [18] Xu B, Su Y Q, Zhang W, et al. Histologic comparative study of muscles of several commercial fishes in coastal waters of the southeast China seas [J]. *Marine Sciences*, 2009, **33**(7):

- 33—36 [徐斌, 苏永全, 张纹, 等. 东南沿海几种经济鱼类肌肉组织学的比较研究. 海洋科学, 2009, 33(7): 33—36]
- [19] Hu B, Li X Q, Leng X J, *et al.* Effects of dietary vitamin C on growth, meat quality and non-specific immunity indices of grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(5): 794—796 [胡斌, 李小勤, 冷向军, 等. 饲料 Vc 对草鱼生长、肌肉品质及非特异性免疫的影响. 中国水产科学, 2008, 15(5): 794—796]
- [20] Lin W L, Guan R, Zeng Q X, *et al.* Factors affecting textural characteristics of dorsal muscle of crisp grass carp [J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2009, 37(4): 134—136 [林婉玲, 关榕, 曾庆孝, 等. 影响脆肉鲩鱼背肌质构特性的因素. 华南理工大学学报 (自然科学版), 2009, 37(4): 134—136]
- [21] Li W Q, Li X Q, Leng X J, *et al.* Preliminary study on flesh quality evaluation of *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2010, 31(9): 114—117 [李文倩, 李小勤, 冷向军, 等. 鳊鱼肌肉品质评价的初步研究. 食品工业科技, 2010, 31(9): 114—117]
- [22] Periago M J, Ayala M D, Lo'pez-Albors O. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, present and the future [J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2007, 117: 1—28
- [23] Gjerdem T. Flesh quality improvement in fish through breeding [J]. *Aquaculture International*, 1997, 5(3): 197—206
- [24] Hu F, Li X D, Xiong S B, *et al.* Texture properties of freshwater fish and their correlation with nutritional components [J]. *Food Science*, 2011, 32(11): 69—73 [胡芬, 李小定, 熊善柏, 等. 5 种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析. 食品科学, 2011, 32(11): 69—73]
- [25] Ye X F, Wei Y W, Yang Y X, *et al.* Model of the quality evaluation of the flue-cured Tobacco based on principal component analysis and cluster analysis [J]. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2009, 25(3): 268—271 [叶协峰, 魏跃伟, 杨宇熙, 等. 基于主成分分析和聚类分析的烤烟质量评价模型构建. 农业系统科学与综合研究, 2009, 25(3): 268—271]
- [26] Xu H P, Gu Z Y, Han J Z, *et al.* Research on texture characteristic changes of zongzi during the shelf-life [J]. *Food Industry*, 2009, 6: 26—28 [徐惠萍, 顾振宇, 韩剑众, 等. 粽子货架期质构特性变化的研究. 食品科学, 2009, 6: 26—28]
- [27] Jiang Z Q, Wu L X, Hao L D, *et al.* Hai Shui Yang Zhi Yu Lei Sheng Wu Xue Ji Yang Zhi [M]. Beijing: China Ocean Press. 2005, 26—27 [姜志强, 吴立新, 郝拉娣, 等. 海水养殖鱼类生物学及养殖. 北京: 海洋出版社. 2005, 26—27]

## COMPARISON OF THE PHYSICOCHEMICAL QUALITIES AND THE MUSCLE TEXTURAL CHARACTERISTICS BETWEEN THE WILD, POND- AND FACTORY-CULTURED *PARALICHTHYS OLIVACEUS*

HU Pan, GAO Qiao, HAN Yu-Zhe, JIANG Zhi-Qiang, HUO Pu-Yu and SU Peng

(Key Laboratory of Mariculture and Stock Enhancement in North China's Sea, Ministry of Agriculture, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China)

**Abstract:** In this study, we compared the physicochemical qualities and the muscle textural characteristic including the water holding capacity, the collagen content, the muscle fiber diameter and other textural characteristics, between the wild, pond-cultured, and factory-cultured *Paralichthys olivaceus*. Our observations were: (1) The drip loss rate of the muscles on the eye side or blind side followed the order wild>pond>factory ( $P<0.01$ ). The water loss of the factory-cultured group was higher than that of the wild and the pond-cultured groups ( $P<0.01$ ). There was no significant difference between the wild group and the pond-cultured group ( $P>0.05$ ). (2) There were no differences in the collagen content or the muscle fiber diameter of the muscles on the eye side or the blind side between the three groups ( $P>0.05$ ). (3) The principal component analysis suggested that adhesiveness and gumminess were the main indicators of the textural characteristics of the *P. olivaceus* muscles. The factory-cultured *P. olivaceus* showed higher water-holding capacity, while the pond-cultured *P. olivaceus* and the wild *P. olivaceus* were similar regarding the physicochemical qualities and the textural characteristics of the muscles. The results implied that the wild *P. olivaceus* might not have remarkable advantage in the physicochemical qualities.

**Key words:** *Paralichthys olivaceus*; Wild; Pond cultured; Factory cultured; Physicochemical quality; Textural characteristics