

文章编号: 1000-0615(2019)06-1472-11

DOI: 10.11964/jfc.20180911457

## 宁德地区养殖大黄鱼形态组织结构与品质特性

吴燕燕<sup>1\*</sup>, 陶文斌<sup>1,2</sup>, 李来好<sup>1</sup>, 杨贤庆<sup>1</sup>,  
陈胜军<sup>1</sup>, 林婉玲<sup>1</sup>, 荣辉<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部水产品加工重点实验室, 广东 广州 510300;  
2. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:** 宁德地区是我国大黄鱼养殖的主产区, 揭示养殖大黄鱼的形态和消化结构与品质特性可为大黄鱼的精深加工和可持续养殖发展提供有益的参考, 本研究采用生物解剖和食品理化分析等方法, 对大黄鱼的形体参数、各部分比例及采肉率, 消化道各器官参数、肌原纤维直径、质构、色泽、蒸煮损失率、失水率、pH、氨基酸组成与滋味、脂肪酸组成等诸多方面的指标进行测定和分析。结果显示, 宁德地区养殖大黄鱼肥满度高, 为2.25%, 鱼片占到体质量的57.32%, 采肉率高; 鱼头、鱼排和鱼尾共占体质量的27.35%。消化系统中胃发达, 有15条环形幽门盲囊, 肠长度适中, 体现了养殖大黄鱼饲料喂养的消化特点。其内脏占体质量的10.73%, 而肝脏占内脏重的36.65%, 内脏中鱼鳔较厚, 占内脏重的15.74%, 肝脏与鱼鳔是值得深加工的原料。养殖大黄鱼肌肉色泽洁白, pH 6.66~6.74, 大黄鱼肌纤维直径为104.21  $\mu\text{m}$ 、肌纤维密度153.13个/ $\text{mm}^2$ , 肉质较细嫩; 其氨基酸种类齐全, 必需氨基酸占氨基酸总量的41.93%, 且赖氨酸含量较高, 鲜味氨基酸占氨基酸总量的45.92%, 鱼肉鲜甘甜; 肌肉中脂肪酸以不饱和脂肪酸为主, 占脂肪酸总量的62.04%, 其中必需脂肪酸占总脂肪酸含量的28.45%, EPA与DHA占总脂肪酸含量的20.01%, 是人体补充必需脂肪酸和高不饱和脂肪酸的优质食材。

**关键词:** 大黄鱼; 养殖; 形态结构; 消化道结构; 品质特性; 宁德

**中图分类号:** TS 254.4

**文献标志码:** A

大黄鱼(*Larimichthys crocea*)又称黄鱼、黄瓜鱼、黄花鱼等, 属硬骨鱼纲(Osteichthyes)、鲈形目(Perciformes)、石首鱼科(Sciaenidae)、黄鱼属(*Larimichthys*), 主要分布在中国的东海、南海、黄海南部的沿海, 是我国重要的经济鱼类<sup>[1]</sup>。大黄鱼于20世纪80年代遭受毁灭性捕捞, 产量锐减, 随后经过不断研究, 大黄鱼人工育苗和养殖技术在福建宁德地区获得成功, 目前大黄鱼已经成为主要的海水养殖鱼类之一, 2017年产量达到17.76万t<sup>[2]</sup>。福建宁德为我国大黄鱼的主产区, 2017年产量达到约15万t<sup>[3]</sup>, 具有“大黄鱼之乡”之称。目前, 养殖大黄鱼主要以产地周边鲜

活或冰鲜销售为主, 货架期短、经济效益低; 以条冻形式进行出口贸易的大黄鱼, 在解冻过程中品质会发生劣变, 在国内外水产品市场中竞争力较弱; 部分大黄鱼则通过食盐腌制加工成黄鱼鲞。近年来, 随着深海网箱养殖技术的不断成熟, 大黄鱼的养殖将会越来越广泛, 在产量不断提升的同时, 提高大黄鱼的加工利用率、丰富产品的种类和数量、延长产品货架期、实现原材料高值化利用的任务迫在眉睫。目前国内学者研究较多的是大黄鱼的养殖技术<sup>[4-7]</sup>、营养饲料<sup>[8-10]</sup>、大黄鱼的营养成分分析<sup>[2, 11-13]</sup>, 如郭全友等<sup>[12]</sup>研究发现深水网箱养殖的大黄鱼鱼肉

收稿日期: 2018-09-17 修回日期: 2018-10-25

资助项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-47); 国家自然科学基金(31571869); 国家重点研发计划(2016YFD0400201-6)

通信作者: 吴燕燕, E-mail: wuyyg@163.com

比筏式网箱更具高蛋白低脂肪的特点,原因可能是深水网箱的空间更大,鱼类的活动量更大;提高饲料蛋白质水平后能够提高肌肉的品质,同时也会增加脂肪沉积,引起较强烈的鱼腥味;而过高或过低的饲料脂肪水平都会降低肌肉品质与鲜味,并且提高饲料脂肪水平可增加鱼肉脂肪及脂肪酸含量,使鱼肉更加肥嫩,但也带来较强烈的鱼腥味<sup>[13]</sup>。关于大黄鱼的形态结构等原料特性和品质特性分析目前未见报道,为了更好地了解大黄鱼的原料特点和品质特性,本研究全面分析了宁德地区大黄鱼的形态结构、消化结构、鱼肉品质特性,旨在为大黄鱼的精深加工提供理论依据,也为更好地改进大黄鱼的养殖技术和饲料配方提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

鲜活养殖大黄鱼,捕获后加冰运回实验室,由福建宁德金盛水产有限公司提供。

### 1.2 实验方法

**形体参数的测定** 养殖大黄鱼捕捞后,活鱼加冰运至实验室,取10条,雌雄各一半,称量并记录鱼体质量,先测量全长(A-D)、体长(A-C)、头长(A-B)、尾长(C-D)、体高(E-F)、吻长、口裂长、口裂宽(图1),然后用手术刀自肛门稍前方沿腹中线纵切至下颌,向左侧背方横切至椎体附近,再向前纵切至鳃盖后部,取下左侧体壁,剪下左侧鳃盖骨,从而打开了鱼的体腔

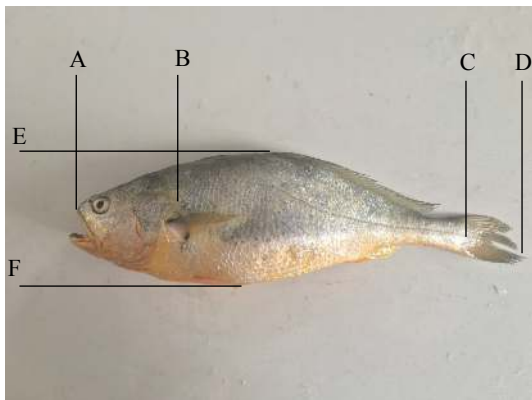


图1 养殖大黄鱼形体参数指标测定示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the determination of the parameters of *L. crocea*

和口咽腔。取出内脏,去除脂肪等,测量口咽腔长、腹腔长、消化道长,称量内脏重量,分离出各内脏器官,分别称重和测量长度,再用刀分离鱼头、鱼片、鱼骨架、鱼皮、鱼尾,称量各部分质量,结果取平均值<sup>[14]</sup>。

全长(cm): 自吻端至尾鳍末端的直线长度;

体长(cm): 自吻端至尾鳍基部最后1枚椎骨的末端或到尾鳍基部的垂直距离;

头长(cm): 自吻端至鳃盖骨后缘的垂直距离;

尾长(cm): 自肛门至尾鳍基部最后1枚椎骨的末端或到尾鳍基部的垂直距离;

体高(cm): 身体最大高度,通常采取背鳍起点处到腹面的垂直高度;

吻长(cm): 眼前缘到吻端的直线距离;

口裂长(cm): 上颌前端至口角的距离;

口裂宽(cm): 左右口角之间的距离。

肥满度 $= (W/L^3) \times 100$

式中,  $W$ 为体质量(g),  $L$ 为体长(cm)。

**氨基酸含量测定** 参照GB/5009.124—2016《食品安全国家标准—食品中氨基酸的测定》<sup>[15]</sup>的方法采用全自动氨基酸分析仪测定。

**脂肪酸组成测定** 参照GB/5009.168—2016《食品安全国家标准—食品中脂肪酸的测定》<sup>[16]</sup>的方法测定。

**pH测定** 根据GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品pH测定》<sup>[17]</sup>的方法测定。

**失水率** 在鱼体死后的2h内,取鱼片去皮,选取中心部位称重,然后装入50 mL的离心管内,并于3 000 r/min下离心30 min,取出肉样,用滤纸吸去肉表面水分后称量,通过测定肌肉前后的质量变化计算失水率<sup>[18]</sup>。

$$\text{失水率}(\%) = \frac{\text{离心前肉样质量} - \text{离心后肉样质量}}{\text{离心前肉样质量}} \times 100\%$$

**背部肌肉质构特性** 使用Brookfield QTS-25质构仪以及P/5平底圆柱形探头进行测定,使用测试模式为质地多面剖析(TPA)模式,测试速度为0.5 mm/s,返回速度为0.5 mm/s,循环次数为2次,触发点负载为5.0 g<sup>[19]</sup>。每组实验重复8次,去除异常值后取平均值。

**鱼肉颜色**  $L^*$ 值(亮度)从0~100变化,0表示黑色,100表示白色。 $a^*$ 值(红色度)表示从红到绿的值,100为红色,-80为绿色。 $b^*$ 值(黄色度)表示从黄色到蓝色的值,100为黄色,-80为蓝色<sup>[20]</sup>。使用色差仪(SC-80C,北京)对去皮后的

鱼片进行测定, 平行3次, 取平均值。白度(WI)的计算公式:

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

总色差( $\Delta E$ )是指处理组样品的颜色与对照组颜色平均值之间的色差。计算公式:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

式中,  $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 和 $\Delta b^*$ 分别是处理组样品的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值与对照组样品的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 平均值之差。

**蒸煮损失率** 鱼体死后2 h内, 将背腹肌肉整片剖下称其质量, 然后置于100 °C下蒸约10 min, 冷却至室温后称其质量, 通过测定肌肉在蒸锅中前后的质量变化计算蒸煮损失率<sup>[18]</sup>。

$$\text{蒸煮损失率(\%)} = \frac{\text{蒸煮前肉样质量} - \text{蒸煮后肉样质量}}{\text{蒸煮前肉样质量}} \times 100\%$$

**肌纤维直径和肌纤维密度的测量** 先制作养殖大黄鱼组织切片, 即取鱼片、去皮后, 用手术刀取背部左侧肌肉的背最长肌, 修整成1 cm×1 cm×0.5 cm, 平行3块样品鱼肉, 为生鱼肉组。另取3块样品鱼肉在80 °C恒温水浴锅(HH-501, 常州)内煮3 min, 捞起, 用滤纸吸干表面水分, 冷却至室温, 为熟鱼肉组。生肉组和熟肉组样品准备好后, 立即放入10%福尔马林溶液中固定至少48 h, 然后按照常规石蜡切片法及苏木精—伊红染色, 封片后于普通光学显微镜(OLYMPUS-DP26, 日本)下观察肌肉纤维的横切面, 切片厚度为5 μm。

肌纤维直径的测量参考侯燊等<sup>[21]</sup>的方法, 在10×40倍镜下通过图像采集系统Cellsens standrad随机截取6个视野并拍照(照片大小为400 μm×300 μm), 然后使用Digimizer软件测定每一根肌纤维横截面的最长距离, 再通过该最长距离的中点测定垂直距离, 计算几何平均值。每个样品测定36个肌纤维。

肌纤维密度的测量参考侯燊等<sup>[21]</sup>的方法, 在10×40倍镜下通过图像采集系统Cellsens standrad随机截取8个视野并拍照, 统计各视野内肌纤维根数, 最后换算成每平方毫米内肌纤维的根数, 取平均值。

### 1.3 数据分析

用Excel软件处理数据, 再用SPSS 22统计分析软件对各参数进行显著性差异分析。

## 2 结果

### 2.1 养殖大黄鱼形态结构与消化道结构分析

大黄鱼头侧扁, 呈钝尖形, 口裂大, 口和咽没有明显界限, 为口咽腔, 口咽腔后为粗短的食道, 食道直接连接胃; 鳃孔大, 前鳃盖骨边缘有细细的锯齿; 背腹缘为广弧形, 尾柄细长, 尾鳍呈矛型; 鱼体有鱼鳞, 其前半身的鳞片为圆鳞, 后半身为栉鳞(图1), 其体侧下方的鳞片下面都有金黄色腺体, 大黄鱼身体下侧面和腹面的金黄色就是由这个腺体分泌的<sup>[4]</sup>, 但这种色素对光敏感, 只有在晚上或无光照的时候才会呈现现金黄色, 在白天或有紫外线等光照时, 金黄色色素被分解成为灰白色, 所以为了商品外观美观, 养殖的大黄鱼通常是深夜捕捞。

对大黄鱼的体质量、内脏重、体长、尾长和各消化器官质量等进行了测定。从体长分析, 大黄鱼的头长占体长的24.2%, 尾长占体长的10.42%; 从质量分析, 大黄鱼的鱼片占到体质量的57.32%, 通常如一些主要用于加工鱼片的鱼类, 采肉率都在50%左右, 大黄鱼的采肉率比较高(表1, 表2)。大黄鱼取鱼片后, 其鱼头、鱼排(中间鱼骨)和鱼尾占到鱼体质量的27.35%, 这部分含有丰富的蛋白、骨钙, 必须充分利用这些下脚料, 才能更好地提高大黄鱼的利用率, 开发出高附加值的产品, 例如, 可考虑制备活性钙、功能多肽螯合钙<sup>[22-23]</sup>。

鱼类的肥满度与生长阶段、性腺、季节、饲料等有关, 大黄鱼肥满度为2.25, 高于军曹鱼(*Rachycentron canadum*, 0.89)<sup>[24]</sup>, 略低于紫红笛鲷(*Lutjanus argentimaculatus*, 2.31)<sup>[25]</sup>、斜带石斑鱼(*Epinephelus coioides*, 2.98)<sup>[26]</sup>等大多数常见经济鱼种, 所以大黄鱼是一种生长较好, 具有较高养殖和加工价值的海水鱼类。

大黄鱼的食道细而短, 食道紧接胃的贲门部。大黄鱼的胃发达, 胃长是体长的0.37倍, 是消化道长的0.40倍(表2), 胃呈小Y形, 胃壁略厚。有较发达的盲囊结构, 在与胃幽门相接处有15个环形的幽门盲囊(图2), 幽门盲囊不仅提高吸收面积, 也分泌与肠壁相同的消化酶。肠道与幽门盲囊相接, 有两道弯曲, 粗细均匀, 分化并不明显, 只有在接近肛门的后肠部分变得细一些。肠长是体长的1.18倍, 是消化道长的1.80倍, 为腹腔长的2.53倍(表2), 大黄鱼的这种消化结构与食物有关, 通常肠的长度反映食物的消化难易程度,

表 1 宁德地区养殖大黄鱼形体参数

Tab. 1 Shape parameters of cultured *L. crocea* in Ningde

种类 species	尾长/全长/% tail length/ overall length	头长/体长/% head length/ body length	鱼片质量/ 体质量/% fish fillet weight/ body weight	肥满度/ (g/cm <sup>3</sup> ) relative fatness	鱼头质量/ 体质量/% fish head weight/ body weight	鱼尾质量/ 体质量/% fish tail weight/ body weight	鱼骨架质量/ 体质量/% fish skeleton weight/ body weight	内脏质量/ 体质量/% viscera weight/ body weight
大黄鱼 <i>L. crocea</i>	10.42±0.12	24.2±0.66	57.32±0.34	2.25±0.18	12.62±0.54	5.33±0.14	9.64±1.24	10.73±0.84

表 2 大黄鱼各消化器官的测量参数比值

Tab. 2 Measurement parameter ratios of various digestive organs of *L. crocea*

种类 species	口裂长/ 吻长 mouth length/ upper jaw length	口裂长/ 头长 mouth length/ head length	口咽腔长/ 头长 oropharyngeal cavity length/ head length	头长/ 体长 head length/ body length	食道长/ 消化道长 esophageal length/ digestive tract length	胃长/ 消化道长 stomach length/ digestive tract length	肠长/ 消化道长 intestine length/ digestive tract length	肠长/ 腹腔长 intestine length/ abdominal length	肠长/ 体长 intestine length/ body length	腹腔长/ 体长 abdominal length/ body length	胃长/ 体长 stomach length/ body length
大黄鱼 <i>L. crocea</i>	2.25	0.46	0.75	0.24	0.16	0.40	1.80	2.53	1.18	0.47	0.37

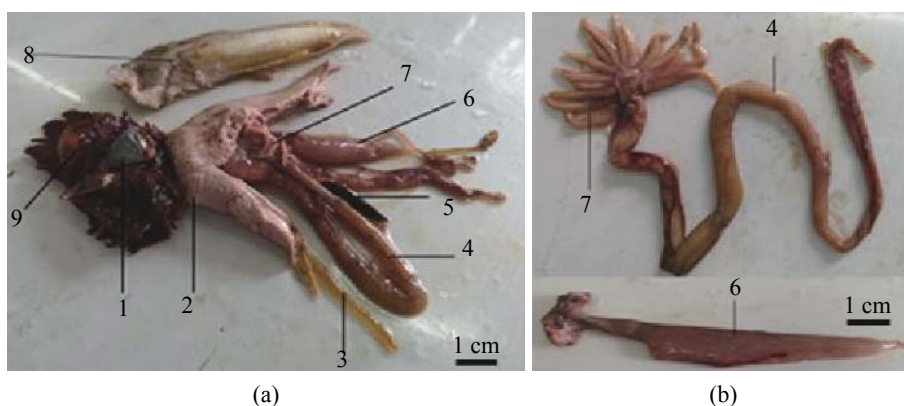


图 2 大黄鱼消化道示意图

1. 心脏, 2. 肝脏, 3. 胆, 4. 肠, 5. 脾脏, 6. 胃, 7. 幽门盲囊, 8. 鱼鳔, 9. 鳃

Fig. 2 Anatomical diagram of digestive tract of cultured *L. crocea*

1. heart, 2. liver, 3. gallbladder, 4. intestine, 5. spleen, 6. stomach, 7. pyloric caecum, 8. fish maw, 9. gill

如肉食性的军曹鱼<sup>[27]</sup>、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)<sup>[28]</sup>等的肠管都较短, 肠长仅为体长的1/4~1/3; 而鲮(*Mugil cephalus*)<sup>[29]</sup>等植食性鱼类的肠道较长, 一般达体长的2~5倍, 甚至达15倍。由于养殖大黄鱼进食时间固定且颗粒状饲料易消化, 所以其肠道的长度和胃的大小是否也会随着食物的形状及是否易消化吸收的特点而发生改变, 目前虽然有一些饲料营养研究发现, 核苷酸能增大大黄鱼肠道壁厚度和绒毛细胞<sup>[30]</sup>, 但关于此问题还有待进一步的验证。

肝脏是最大的消化腺, 大黄鱼肝脏发达, 为淡黄白色, 有2叶, 一叶较长, 一叶较短, 肝的前端位于心腹隔膜后方, 向后延伸, 长叶达到腹腔末端。肝的作用是制造胆汁、储存糖元和排毒, 所以其肝脏中有狭长如带状的鱼胆。由于

养殖的大黄鱼饲料营养较好, 所以其肝脏较为肥满, 其占到内脏重量的36.65%, 占到鱼体质量的4.75%。所以在处理大黄鱼内脏时, 肝脏是最具开发成高品质鱼肝类食品潜力的原料, 也是提取功能活性物质的原料。

大黄鱼的鱼鳔虽然是呼吸器官, 但其在内脏中的占比较大, 为15.74%(图2, 表1), 其鱼鳔发达, 为长形圆管状, 壁较一般的海水鱼厚<sup>[31]</sup>, 含有丰富的胶原蛋白、氨基酸和多不饱和脂肪酸, 其钙、铁等微量元素含量均高于带鱼(*Trichiurus haumela*)或鲈(*Scomber japonicus*)<sup>[31]</sup>的鱼鳔, 也是最能够加工成高附加值产品的原料。

由表1可知大黄鱼的内脏占体质量的10.73%, 而且内脏也会随着性腺成熟(鱼卵或鱼精)而占体质量的比例增加, 最高可达15.5%。内脏中以鱼

表3 宁德地区养殖大黄鱼各器官参数比较

Tab. 3 Comparison of various organ parameters of *L. crocea* in Ningde

种类 species	心脏质量/内脏质量 heart weight/ viscera weight	肝脏质量/内脏质量 liver weight/ viscera weight	胃质量/内脏质量 stomach weight/ viscera weight	肠质量/内脏质量 intestines weight/ viscera weight	脾脏质量/内脏质量 spleen weight/ viscera weight	鱼鳃质量/内脏质量 fish maw weight/ viscera weight
大黄鱼 <i>L. crocea</i>	1.75±0.20	36.65±2.48	10.05±0.27	8.12±0.11	0.35±0.05	15.74±1.22

肝脏含量最高，其次是鱼鳃，而在大黄鱼成熟期捕捞时，还有含量丰富的鱼卵和鱼白(表3)。所以大黄鱼的内脏必须进行高值化综合加工，如肝脏可考虑制备大黄鱼肝酱、大黄鱼肝脏休闲食品，也可提取功能活性物质如酶类、肝素等；鱼鳃可考虑制备成胶原蛋白或提取功能活性物质；鱼卵或鱼白可加工为休闲食品，也可利用鱼卵加工成鱼卵蛋白粉和鱼卵粒，从鱼卵中提取功能活性物质，或者利用鱼白和豆粕混合制成水溶性蛋白粉等。

## 2.2 养殖大黄鱼品质特性分析

**鱼肉色泽、pH、失水率、蒸煮损失率分析** 宁德养殖大黄鱼的鱼肉色泽见表4，背部肌肉的 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值与腹部相比没有显著性差异( $P>0.05$ )。WI值指示着肌血球素的变性情况，背部肌肉的WI值与腹部相比无显著性差异( $P>0.05$ )。 $\Delta E$ 反映颜色的改变情况， $\Delta E$ 越小，则与原始颜色越接近。大黄鱼的背部与腹部 $\Delta E$ 数值上也比较接近，没有显著性差异( $P>0.05$ )。

鱼肉pH值其受种类、生长环境、宰杀方式等诸多因素的调控，它对鱼肉失水力、凝胶性、肉色、货架期长短都有显著影响<sup>[32]</sup>。鱼肉pH较高时，蛋白所带负电荷多，能吸附大量的水，此时肌肉有较强的系水力，养殖大黄鱼的背部和腹部肌肉的pH值相比无显著差异(表4)，背部肌肉pH值低于野生大黄鱼(7.13)<sup>[33]</sup>、大口黑鲈(*Micropterus salmoides*, 6.92)及花鲈(*Lateolabrax japonicus*, 7.17)<sup>[32]</sup>。

养殖大黄鱼的失水率为9.46%~11.86%，高于大口黑鲈(6.07%)及花鲈(2.95%)<sup>[32]</sup>。养殖大黄鱼的背部和腹部肌肉的蒸煮损失率相比无显著差异，蒸煮损失率为13.13%~14.06%，高于花鲈(11.94%)，低于奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂, 18.00%)<sup>[34]</sup>。这也说明大黄鱼pH变化与系水力呈极显著正相关，与蒸煮损失率、失水率呈极显著负相关。由于养殖大黄鱼的失水率及蒸煮损失率相对较低，所以肌肉更加细嫩多汁。

肌纤维直径及密度 鱼肉组织学特性是

表4 宁德地区养殖大黄鱼肌肉品质与组织学特性

Tab. 4 Results of muscle quality and muscle histology of *L. crocea* in Ningde

项目 item	背部 back	腹部 abdomen	<i>P</i>
pH	6.74±0.03	6.66±0.03	0.06
失水率/% water loss rate	9.20±1.11	11.86±1.43	0.14
蒸煮损失率/% cooking loss rate	13.13±0.44	14.06±0.51	0.09
$L^*$	49.70±1.12	51.86±0.44	0.06
$a^*$	6.29±1.10	8.09±0.67	0.12
$b^*$	5.13±1.28	4.97±0.11	0.87
WI	47.36±1.28	50.93±0.52	0.12
$\Delta E$	44.39±1.26	42.55±0.53	0.13

影响鱼肉品质的重要指标，包括肌纤维直径、肌纤维密度，但周芝佳<sup>[35]</sup>的研究表明，用肌纤维直径比肌纤维密度更能准确评定嫩度。通常来说，肌纤维细、密度大，肌肉内的脂肪沉积就比较多，鱼肉的口感就更细腻嫩滑。由表5可见养殖大黄鱼的肌纤维直径比虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*, 48.22  $\mu\text{m}$ )<sup>[36]</sup>大，肌纤维密度比虹鳟(521.22个/ $\text{mm}^2$ )小，所以其鱼肉没有虹鳟鱼肉细腻嫩滑，不适合做为生食鱼片的鱼类。养殖大黄鱼的肌纤维直径、肌纤维密度与养殖花鲈(101.11  $\mu\text{m}$ 、126.31个/ $\text{mm}^2$ )<sup>[37]</sup>、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*, 104.98  $\mu\text{m}$ 、126.31个/ $\text{mm}^2$ )<sup>[38]</sup>相当，肌肉具有较好的嫩度。养殖大黄鱼肌肉肌纤维直径长度(104.21  $\mu\text{m}$ )与其煮熟后的肌肉肌纤维直径长度(108.39  $\mu\text{m}$ )相比没有显著性差异( $P>0.05$ )；养殖大黄鱼肌肉肌纤维密度(153.13个/ $\text{mm}^2$ )与其煮熟后的肌肉肌纤维密度(123.51个/ $\text{mm}^2$ )相比具有显著性差异( $P<0.01$ ) (表5, 图3)。加热使养殖大黄鱼肌肉蛋白质变性后，肌纤维直径变化不大，从数据上分析仅略微增大，而视野中肌纤维个数变少，从而肌纤维密度减小。

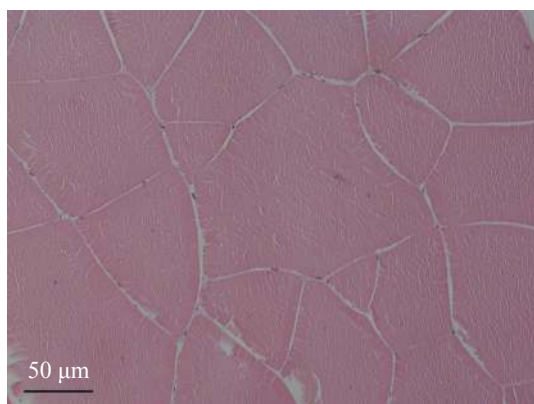
**鱼肉质构特性分析** 鱼肉的pH值、肌纤维直径、水分、脂肪、胶原蛋白的量均是影响质构特性的因素，通过模拟牙齿咀嚼食物的机

表5 宁德地区养殖大黄鱼肌纤维直径及密度

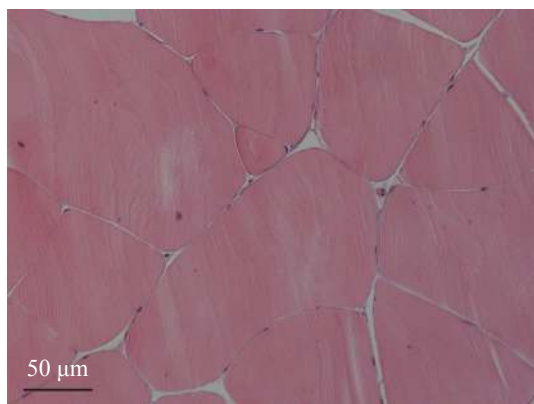
Tab. 5 Results of muscle fiber diameter and density of cultured *L. crocea* in Ningde

项目 item	生鱼肉 raw fish	熟鱼肉 cooked fish
肌纤维直径/ $\mu\text{m}$ muscle fiber diameter	104.21 $\pm$ 7.65 <sup>a</sup>	108.39 $\pm$ 9.55 <sup>a</sup>
肌纤维密度/(个/ $\text{mm}^2$ ) muscle fiber density	153.13 $\pm$ 10.20 <sup>b</sup>	123.51 $\pm$ 14.45 <sup>a</sup>

注: 同列数据上标不同字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。下同  
Notes: data with different superscript letters within the same column mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same below



(a)



(b)

图3 养殖大黄鱼肌肉的微观结构(10×40倍)

(a)生鱼肉; (b)熟鱼肉

Fig. 3 Microstructure of muscle of cultured *L. crocea* (10×40 times)

(a) raw fish; (b) cooked fish

械过程而获得的质构参数是用来衡量鱼肉食用品质的重要指标。宁德地区养殖大黄鱼在硬度、黏性、弹性和咀嚼性方面均低于野生大黄鱼<sup>[33]</sup>, 硬度、黏性、黏力上均比花鲈高, 弹性、内聚性和咀嚼性则略低于花鲈<sup>[32]</sup>, 综合各质构参数分析, 宁德地区养殖大黄鱼肌肉内聚性较低, 黏性、硬度适中, 咀嚼时所需做的功相对较小(表6),

说明鱼肉比较细嫩, 易咀嚼, 这也说明养殖的大黄鱼较野生大黄鱼肉质更嫩滑。

表6 养殖大黄鱼背部肌肉质构分析结果

Tab. 6 Results of texture analysis of back muscles of *L. crocea*

项目 item	宁德地区养殖大黄鱼 <i>L. crocea</i> in Ningde	野生大黄鱼 <sup>[31]</sup> wild <i>L. crocea</i>	花鲈 <sup>[30]</sup> <i>L. japonicas</i>
硬度/g hardness	255.50 $\pm$ 19.00	481.63 $\pm$ 59.09	123.71 $\pm$ 16.95
黏性/mJ gumminess	0.12 $\pm$ 0.05	23.39 $\pm$ 2.22	0.01 $\pm$ 0.00
黏力/g stickiness	4.90 $\pm$ 0.70		1.55 $\pm$ 0.28
内聚性 cohesiveness	0.34 $\pm$ 0.04	0.33 $\pm$ 0.01	0.62 $\pm$ 0.08
弹性/mm springiness	2.42 $\pm$ 0.42	2.82 $\pm$ 0.14	3.37 $\pm$ 0.32
咀嚼性/mJ chewiness	210.23 $\pm$ 5.53	450.72 $\pm$ 67.60	258.48 $\pm$ 4.91

**鱼肉氨基酸组成及滋味分析** 宁德地区养殖大黄鱼鱼肉中蛋白质含量为18%, 脂肪为11.6%, 是典型的高蛋白高脂肪养殖鱼类。其氨基酸种类齐全, 其中必需氨基酸占氨基酸总量的41.93%(表7), 低于花鲈(50.84%)及大口黑鲈(51.21%)<sup>[32]</sup>, 但高于卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*, 37.97%)<sup>[39]</sup>、珍珠龙胆石斑鱼(*E. fuscoguttatus*♀ × *E. lanceolatus*♂, 37.69%)<sup>[40]</sup>。由于人体不能合成必需氨基酸, 所以人类必须从食物中摄取足够的必需氨基酸。食品中必需氨基酸的种类和含量以及其构成与人体的氨基酸构成的接近程度确定了其蛋白质营养价值的高低。大黄鱼中赖氨酸含量占总氨基酸含量的质量分数最高, 为10.09%, 这说明宁德地区养殖大黄鱼是人体补充赖氨酸的良好食材。

谷氨酸和天冬氨酸是呈鲜味的特征氨基酸, 而甘氨酸和丙氨酸是呈甘味的特征氨基酸, 共同称为呈味氨基酸。宁德地区养殖大黄鱼鱼肉中鲜味主要来源于谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、酪氨酸、甘氨酸, 占到氨基酸总量的45.92%, 高于牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)<sup>[41]</sup>, 所以大黄鱼的肉质比较鲜甜。

**鱼肉脂肪酸组成分析** 在宁德地区养殖大黄鱼鱼肉中检测出26种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸10种, 占脂肪酸总量的37.96%, 低于大口黑鲈(39%)而高于花鲈(24.7%)<sup>[32]</sup>; 不饱和脂肪酸含量占脂肪酸总量的62.04%, 高于珍珠龙胆石斑鱼(48.40%)<sup>[40]</sup>; 单不饱和脂肪酸6种, 占脂肪酸总量

表7 宁德地区养殖大黄鱼肌肉中氨基酸种类及含量(以鲜基计)

Tab. 7 Amino acid types and contents in muscles of <i>L. crocea</i> in Ningde(fresh basis)		g/100 g
氨基酸 amino acids		含量 content
天冬氨酸 ASP**		1.77
苏氨酸 THR*		0.81
丝氨酸 SER		0.71
谷氨酸 GLU**		2.62
脯氨酸 PRO		0.53
甘氨酸 GLY**		0.85
丙氨酸 ALA**		1.04
缬氨酸 VAL*		0.90
色氨酸 TRP*		0.15
蛋氨酸 MET*		0.54
异亮氨酸 ILE*		0.78
亮氨酸 LEU*		1.37
酪氨酸 TYR		0.60
苯丙氨酸 PHE*		0.72
赖氨酸 LYS*		1.67
组氨酸 HIS		0.38
精氨酸 ARG		1.07
氨基酸总量 total amino acid content, TAA		16.55
必需氨基酸总量 total amount of essential amino acids, EAA		6.94
呈味氨基酸总量 the flavor amino acid content, FAA		6.28

注: \*. 必需氨基酸, \*\*. 呈味氨基酸

Notes: \*. essential amino acids, \*\*. flavor amino acids

的34.84%; 多不饱和脂肪酸10种, 占脂肪酸总量的27.19%(表8)。该结果在脂肪酸种类上与花鲈的相似, 且多不饱和脂肪酸比花鲈多2种<sup>[32]</sup>。不

饱和脂肪酸中油酸、亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸含量占比达28.45%, 高于珍珠龙胆石斑鱼(23.14%)<sup>[40]</sup>, 低于花鲈(36.30%)<sup>[32]</sup>。油酸、亚油酸、亚麻酸及花生四烯酸是人体必需脂肪酸, 食用养殖大黄鱼可以对其进行补充。宁德地区养殖大黄鱼中EPA(C20: 5n3)占脂肪酸总量的4.90%, DHA(C22: 6n3)占脂肪酸总量的15.11%。EPA与DHA占脂肪酸总量的20.01%, 高于军曹鱼(16.50%)<sup>[42]</sup>、珍珠龙胆石斑鱼(9.24%)<sup>[40]</sup>、花鲈(19.20%)<sup>[32]</sup>。因而, 养殖大黄鱼鱼肉是补充EPA和DHA的较佳食品。

### 3 讨论

通过对宁德地区养殖大黄鱼进行生物解剖, 比较其形体参数、各部分重量的比例、采肉率及消化道各器官参数, 并分析大黄鱼肌原纤维直径、质构、色泽、蒸煮损失率、失水率、pH、氨基酸组成与滋味、脂肪酸组成等品质特性指标, 表明养殖的大黄鱼消化系统生长良好, 内脏占鱼体质量的10.73%, 其中肝脏肥满, 占内脏质量的36.65%、占鱼体质量的4.75%。大黄鱼具有较高的肥满度(2.25%), 取肉率高(57.32%)。大黄鱼肌肉色泽洁白, pH 6.66~6.74; 肌纤维直径为104.21  $\mu\text{m}$ 、肌纤维密度为153.13个/ $\text{mm}^2$ , 肉质较细嫩; 其氨基酸种类齐全, 富含必需氨基酸, 且呈味氨基酸占氨基酸总量的45.92%, 鱼肉鲜甜; 肌肉中不饱和脂肪酸占脂肪酸总量的62.04%, EPA与DHA占脂肪酸总量的20.01%。综上, 大黄鱼肉质

表8 宁德地区养殖大黄鱼肌肉中脂肪酸种类及含量(以鲜基计)

Tab. 8 Fatty acid types and contents in *L. crocea* in Ningde(fresh basis)

脂肪酸 fatty acid		含量 content	脂肪酸 fatty acid		含量 content
月桂酸 C12:0		0.06	花生酸 C20:0		0.49
十三碳酸 C13:0		0.05	二十碳一烯酸 C20:1		1.92
肉豆蔻酸 C14:0		3.50	二十碳二烯酸 C20:2		0.28
肉豆蔻油酸 C14:1n5		0.07	二十碳三烯酸 C20:3n6		0.15
十五碳酸 C15:0		0.66	花生四烯酸 ARA, C20:4n6		1.31
棕榈酸 C16:0		27.30	二十碳三烯酸 C20:3n3		0.11
棕榈油酸 C16:1n7		9.60	二十碳五烯酸 EPA, C20:5n3		4.90
十七碳酸 C17:0		0.66	二十二碳酸 C22:0		0.19
硬脂酸 C18:0		5.51	芥酸 C22:1n9		0.19
油酸 C18:1n9c		22.40	二十二碳二烯酸 C22:2n6		0.02
亚油酸 C18:2n6c		3.57	二十三碳酸 C23:0		0.06
$\gamma$ -亚麻酸 C18:3n6		0.22	二十二碳六烯酸 DHA, C22:6n3		15.10
$\alpha$ -亚麻酸 C18:3n3		0.95	二十四碳一烯酸 C24:1n9		0.64

细嫩鲜甜,营养价值高,是人体补充必需氨基酸、脂肪酸和高不饱和脂肪酸的优质食材,适合加工成为各类调理食品。大黄鱼的鱼头、鱼排和鱼尾共占鱼体质量的27.35%,内脏占鱼体质量的10.73%,肝脏占内脏质量的36.65%,鱼鳔占内脏质量的15.74%,在鱼肉加工时,要充分考虑对这些副产物的高值化利用。

#### 参考文献:

- [1] 胡云华. 2017福建宁德大黄鱼市场调查报告[J]. *广东饲料*, 2018, 27(4): 13-15.  
Hu Y H. Market survey report of *Pseudosciaena crocea* in Ningde, Fujian in 2017[J]. *Guangdong Feed*, 2018, 27(4): 13-15(in Chinese).
- [2] 陶文斌, 吴燕燕, 李来好. 养殖大黄鱼保鲜、加工技术现状[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(11): 339-343.  
Tao W B, Wu Y Y, Li L H. Status of processing and preservation technology of breeding *Pseudosciaena crocea*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(11): 339-343(in Chinese).
- [3] 王建波, 李可心. 宁德市大黄鱼产业发展现状和产业升级对策初探[J]. *科学养鱼*, 2016(4): 1-3.  
Wang J B, Li K X. Preliminary study on the development status and industrial upgrading countermeasures of large yellow croaker industry in Ningde City[J]. *Scientific Fish Farming*, 2016(4): 1-3(in Chinese).
- [4] 刘家富. 大黄鱼养殖与生物学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2013: 55-110.  
Liu J F. Culture and biology of large yellow croaker[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2013: 55-110(in Chinese).
- [5] 邓霏, 鄢庆枇, 黄伟卿, 等. 大黄鱼网箱养殖水体的细菌群落结构[J]. *中国水产科学*, 2014, 21(6): 1277-1288.  
Den F, Yan Q P, Huang W Q, et al. Bacterial composition in large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) culture water[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(6): 1277-1288(in Chinese).
- [6] 黄伟卿, 张艺, 柯巧珍, 等. 大黄鱼选育子二代生长性状研究[J]. *南方水产科学*, 2013, 9(3): 14-19.  
Huang W Q, Zhang Y, Ke Q Z, et al. Growth traits research of the breeding group sub 2 generation of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(3): 14-19(in Chinese).
- [7] 薛彬, 何依娜, 梅光明, 等. 大黄鱼生态养殖系统研究[J]. *现代农业科技*, 2014(16): 244-246, 249.  
Xue B, He Y N, Mei G M, et al. Research on ecological culture system of *Larimichthys crocea*[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2014(16): 244-246, 249(in Chinese).
- [8] 易新文. 营养调控养殖大黄鱼(*Larimichthys croceus*)体色的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.  
Yi X W. Preliminary studies on skin color control by the methods of nutriology in large yellow croaker (*Larimichthys croceus*)[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015(in Chinese).
- [9] 王勇忠, 徐晓津, 鄢庆枇, 等. 大黄鱼冰鲜杂鱼饲料中细菌多样性研究[J]. *南方水产科学*, 2014, 10(3): 53-57.  
Wang Y Z, Xu X J, Yan Q P, et al. Bacterial composition in feed mash of fresh frozen trash fish for large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. *South China Fisheries Science*, 2014, 10(3): 53-57(in Chinese).
- [10] 刘招坤. 宁德市大黄鱼养殖饲料现状研究[J]. *宁德师范学院学报(自然科学版)*, 2014, 26(3): 229-234.  
Liu Z K. Present research condition of *Larimichthys crocea* feed in Ningde of Fujian Province[J]. *Journal of Ningde Normal University (Natural Science Edition)*, 2014, 26(3): 229-234(in Chinese).
- [11] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 不同养殖模式大黄鱼肌肉营养成分比较[J]. *福建农业学报*, 2015, 30(8): 736-744.  
Yan S A, Yao Q H, Lin X X, et al. Nutrient profile of large yellow croakers (*Pseudosciaena crocea* Richardson) grown under different aquacultural settings[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 30(8): 736-744(in Chinese).
- [12] 郭全友, 宋炜, 姜朝军, 等. 两种养殖模式大黄鱼营养品质及其重金属含量分析[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(6): 341-345.  
Guo Q Y, Song W, Jiang C J, et al. Comparison of nutritional quality and heavy metals of *Pseudosciaena crocea* in different farmed modes[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(6): 341-345(in Chinese).
- [13] 马睿. 营养与养殖大黄鱼品质之间关系的初步研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.  
Ma R. Preliminary study on relationship between nutrition and fish quality of farmed large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)[D]. Qingdao: Ocean University



- of China, 2014(in Chinese).
- [14] 上海水产学院. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 农业出版社, 1982.  
Shanghai Fisheries College. Fishology and marine fish farming[M]. Beijing: Agricultural Press, 1982(in Chinese).
- [15] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中氨基酸的测定:GB 5009.124—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.  
National Health and Family Planning Commission, China Food and Drug Administration. National food safety standards - determination of amino acids in foods: GB 5009.124—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017(in Chinese).
- [16] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定: GB 5009.168—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.  
National Health and Family Planning Commission, China Food and Drug Administration. National food safety standards - determination of fatty acids in foods: GB 5009.168—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017(in Chinese).
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 肉与肉制品pH测定: GB/T 9695.5—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Meat and meat products - Measurement of pH: GB/T 9695.5—2008[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009(in Chinese).
- [18] He Y F, Huang H, Li L H, *et al.* Freshness and shelf life of air packaged and modified atmosphere packaged fresh tilapia fillets during freezing-point storage[J]. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2016, 6: 564.
- [19] 刘旭. 鱼类肌肉品质综合研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.  
Liu X. Integrated study on the characters of fish meat[D]. Xiamen: Xiamen University, 2007(in Chinese).
- [20] 马海建, 施文正, 宋洁, 等. 超高压处理对草鱼肌肉品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(12): 283-290.  
Ma H J, Shi W Z, Song J, *et al.* Effects of ultra-high pressure treatment on the quality of grass carp[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2015, 31(12): 283-290(in Chinese).
- [21] 侯燦, 杨曙明, 周宇, 等. 虹鳟肌肉纤维组织学特性研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(9): 3902-3904.  
Hou C, Yang S M, Zhou Y, *et al.* Study on the histological features of muscle fiber in rainbow trout[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(9): 3902-3904(in Chinese).
- [22] 吴燕燕, 李来好, 林洪, 等. 罗非鱼骨制备CMC活性钙的工艺及生物利用的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 114-117.  
Wu Y Y, Li L H, Lin H, *et al.* Studies on preparation technology of CMC actived calcium and its bioavailability from tilapia bone[J]. *Food Science*, 2005, 26(2): 114-117(in Chinese).
- [23] 谭洪亮, 郁迪, 王斌, 等. 金枪鱼鱼骨胶原肽的制备及抗氧化活性研究[J]. 水产学报, 2014, 38(1): 143-148.  
Tan H L, Yu D, Wang B, *et al.* Preparation and evaluation of an antioxidant peptide from collagen hydrolysate of skipjack tuna fishbone[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(1): 143-148(in Chinese).
- [24] 张文超, 梁桂英, 阳会军, 等. 饲料中添加甜菜碱对军曹鱼生长、体营养成分和血清生化指标的影响[J]. 南方水产科学, 2012, 8(3): 1-9.  
Zhang W C, Liang G Y, Yang H J, *et al.* Effects of dietary betaine on growth, nutritional components and serum biochemistry of *Rachycentron canadum*[J]. *South China Fisheries Science*, 2012, 8(3): 1-9(in Chinese).
- [25] 区又君, 柳琪, 刘泽伟. 3种笛鲷的含肉率、肥满度、比肝重和肌肉营养成分的分析[J]. 大连水产学院学报, 2006, 21(3): 287-289.  
Ou Y J, Liu Q, Liu Z W. Addressed rates, condition factors, hepatosomatic index and approximate compositions of muscles in emperor snapper (*Lutjanus sebae*), red snapper (*L. erythropterus*) and silver snapper (*L. argentimaculatus*)[J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2006, 21(3): 287-289(in Chinese).
- [26] 林黑着, 刘永坚, 何建国, 等. 饥饿对斜带石斑鱼肝脏和肌肉脂肪酸组成的影响[J]. 南方水产, 2006, 2(4): 1-6.  
Lin H Z, Liu Y J, He J G, *et al.* Effects of starvation on fatty acid composition of muscle and liver in grouper, *Epinephelus coioides*[J]. *South China Fisheries Science*, 2006, 2(4): 1-6(in Chinese).
- [27] 苏友禄, 孙秀秀, 冯娟, 等. 军曹鱼消化系统的形态及

- 组织学研究[J]. *南方水产*, 2008, 4(6): 88-94.
- Su Y L, Sun X X, Feng J, *et al.* Morphological and histological observations of digestive system of cobia *Rachycentron canadum*[J]. *South China Fisheries Science*, 2008, 4(6): 88-94(in Chinese).
- [28] 陈惠群, 焦海峰, 竺俊全, 等. 龙头鱼的外形特征与消化系统结构[J]. *宁波大学学报(理工版)*, 2004, 17(4): 389-392.
- Chen H Q, Jiao H F, Zhu J Q, *et al.* Configurational character and digestive system of *Harpodon nehereus*[J]. *Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering Edition)*, 2004, 17(4): 389-392(in Chinese).
- [29] 于娜, 李加儿, 区又君. 野生鲮鱼和养殖鲮鱼消化系统的组织学观察[J]. *海洋渔业*, 2011, 33(2): 151-158.
- Yu N, Li J E, Ou Y J. On histology of digestive system of wild and cultivated grey mullet *Mugil cephalus*[J]. *Marine Fisheries*, 2011, 33(2): 151-158(in Chinese).
- [30] 苗新, 曹娟娟, 徐玮, 等. 核苷酸对大黄鱼生长性能、肠道形态和抗氧化能力的影响[J]. *水产学报*, 2014, 38(8): 1140-1148.
- Miao X, Cao J J, Xu W, *et al.* Effects of dietary nucleotides on growth performance, intestinal morphology and anti-oxidative capacities of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2014, 38(8): 1140-1148(in Chinese).
- [31] 袁初蕾, 邓尚贵, 励建荣, 等. 养殖大黄鱼鱼鳔的营养及安全评价[J]. *食品与发酵工业*, 2018, 44(2): 217-222.
- Yuan C L, Deng S G, Li J R, *et al.* Evaluation of nutrition and safety of raised large yellow croaker swim bladders[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2018, 44(2): 217-222(in Chinese).
- [32] 吴燕燕, 朱小静, 李来好, 等. 养殖日本真鲷和大口黑鲷原料特性比较[J]. *海洋渔业*, 2016, 38(5): 507-515.
- Wu Y Y, Zhu X J, Li L H, *et al.* Comparison of raw material characteristics of cultured sea bass (*Lateolabrax japonicas*) and cultured fresh-water bass (*Micropterus salmoides*)[J]. *Marine Fisheries*, 2016, 38(5): 507-515(in Chinese).
- [33] 孟玉琼, 马睿, 申屠基康, 等. 野生和配合饲料养殖大黄鱼品质的比较研究[J]. *中国海洋大学学报*, 2016, 46(11): 108-116.
- Meng Y Q, Ma R, Shentu J K, *et al.* Comparative studies on the quality of wild and formulated diet-fed large yellow croaker (*Larimichthys crocea*)[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2016, 46(11): 108-116(in Chinese).
- [34] 李来好, 叶鸽, 郝淑贤, 等. 2种养殖模式罗非鱼肉品质的比较[J]. *南方水产科学*, 2013, 9(5): 1-6.
- Li L H, Ye G, Hao S X, *et al.* Comparison on quality of tilapia under two kinds of culture modes[J]. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(5): 1-6(in Chinese).
- [35] 周芝佳. 肌肉组织学特性与肉品质关系[J]. *养殖技术顾问*, 2010(8): 57-58.
- Zhou Z J. Relationship between muscle histology and meat quality[J]. *Technical Advisor for Animal Husbandry*, 2010(8): 57-58(in Chinese).
- [36] 王雪薇, 谢意军, 薛淑群, 等. 二、三倍体虹鳟肌肉组织结构及营养成分的比较[J]. *水产科学*, 2017, 36(5): 569-576.
- Wang X W, Xie Y J, Xue S Q, *et al.* Comparison of microstructure and nutrient in muscles between diploid and triploid rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*[J]. *Fisheries Science*, 2017, 36(5): 569-576(in Chinese).
- [37] Periago M J, Ayala M D, López-Albors O, *et al.* Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.[J]. *Aquaculture*, 2005, 249(1-4): 175-188.
- [38] 郁二蒙, 王广军, 张振男, 等. 不同脆化阶段草鱼肌肉的显微结构观察和质构特性分析[J]. *南方水产科学*, 2017, 13(2): 128-134.
- Yu E M, Wang G J, Zhang Z N, *et al.* Microstructure and texture characteristics analysis of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) muscle at different stages of crispness[J]. *South China Fisheries Science*, 2017, 13(2): 128-134(in Chinese).
- [39] 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.
- Dai Z R, Zhong Q P, Lin M F, *et al.* Nutritional component analysis and quality evaluation of golden pompano[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(1): 347-350(in Chinese).
- [40] 陈星星, 柯爱英, 潘齐存, 等. 珍珠龙胆石斑鱼营养成分分析与品质评价[J]. *海洋湖沼通报*, 2018(1): 90-95.
- Chen X X, Ke A Y, Pan Q C, *et al.* Nutritional components analysis and nutritive value evaluation of ♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *E. lanceolatus*[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2018(1): 90-95(in Chinese).

- [41] 楼宝, 高露姣, 毛国民, 等. 褐牙鲆肌肉营养成分与品质评价[J]. 营养学报, 2010, 32(2): 195-197.  
Lou B, Gao L J, Mao G M, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components in the muscle of *Paralichthys olivaceus*[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2010, 32(2): 195-197(in Chinese).
- [42] 李刘冬, 陈毕生, 冯娟, 等. 军曹鱼营养成分的分析及评价[J]. 热带海洋学报, 2002, 21(1): 76-82.  
Li L D, Chen B S, Feng J, *et al.* Analysis and evaluation in nutritive value of *Rachycentron canadum* (Linnaeus)[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2002, 21(1): 76-82(in Chinese).

## Morphological structure and quality characteristics of cultured *Larimichthys crocea* in Ningde

WU Yanyan<sup>1\*</sup>, TAO Wenbin<sup>1,2</sup>, LI Laihao<sup>1</sup>, YANG Xianqing<sup>1</sup>,  
CHEN Shengjun<sup>1</sup>, LIN Wanling<sup>1</sup>, RONG Hui<sup>1</sup>

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Lab of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510300, China;

2. College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Ningde area is the main producing area of *Larimichthys crocea* in China. It is a useful reference for revealing the morphology, digestive structure and quality characteristics of cultured *L. crocea* in Ningde, and for the deep processing and sustainable breeding of *L. crocea*. In this paper, the biological parameters and food physicochemical analysis, the shape parameters of *L. crocea*, the proportion of each part and the rate of meat yield, the organ parameters of the digestive tract, the diameter of myofibrils, texture, color, cooking loss rate, water loss rate, pH, amino acid composition and taste, fatty acid composition, etc. were measured and analyzed. The results showed that the condition factor of *L. crocea* in Ningde area was 2.25%, the fish fillets accounted for 57.32% of the body weight, and the meat yield was high; the fish head, skeleton and fish tail accounted for 27.35% of the body weight. In the digestive system, the fish stomach is more developed, there are 15 ring pyloric caeca, and the length of the fish intestine is moderate, which reflects the digestive characteristics of the feed of cultured *L. crocea*. Its internal organs accounted for 10.73% of body weight, while the liver accounted for 36.65% of the visceral weight. The fish maw was thicker, accounting for 15.74% of the visceral weight. The liver and fish maw were worthy of deep processing. The cultured *L. crocea* has white muscle color, pH 6.66–6.74, muscle fiber diameter of 104.21 $\mu$ m. The muscle fiber density is 153.13 per square millimeter. The fish meat is tender. Its amino acid type is complete, and essential amino acids account for 41.93% of the total amino acids, and the content of lysine is higher, the umami amino acid accounts for 45.92% of the total amino acid, and the fish meat is fresh and sweet. The fatty acids in muscle are mainly unsaturated fatty acids, accounting for 62.04% of the total fatty acids, of which essential fatty acids account for 28.45% and EPA and DHA account for 20.01% of the total content. It is a high-quality food supplement for essential fatty acids and high unsaturated fatty acids.

**Key words:** *Larimichthys crocea*; culture; morphological structure; digestive tract structure; quality characteristics; Ningde

**Corresponding author:** WU Yanyan. E-mail: wuyygd@163.com

**Funding projects:** China Agriculture Research System (CARS-47); National Natural Science Foundation of China (31571869); National Key R & D Program of China (2016YFD0400201-6)