

不同养殖阶段大黄鱼体色及营养成分差异性比较

郭全友¹, 邢晓亮^{1,2}, 姜朝军¹, 李松^{1,3}

(1.中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090; 2.上海海洋大学 食品学院, 上海 200090;
3.上海理工大学 医疗器械与食品学院, 上海 200093)

摘要: **目的** 以围网养殖大黄鱼为研究对象, 比较养殖阶段大黄鱼体形、营养成分等方面的差异性, 旨在分析季节变化和生长周期对养殖大黄鱼体色和营养差异的影响。 **方法** 以野生大黄鱼(W)为参照, 分别对不同养殖阶段的大黄鱼(养殖到7月、10月、次年1月的小黄鱼分别用S0, S1, S2表示)进行体形指标、鲜度指标、色差、营养指标分析, 综合评价不同养殖阶段大黄鱼体色与营养成分的差异性。 **结果** 养殖和野生大黄鱼鲜度均符合一级品要求; 野生鱼的体长/体高值>养殖鱼的体长/体高值; 野生鱼的肥满度大于养殖鱼的肥满度; 脂肪含量呈下降趋势。野生鱼 b^* 值大于S0的 b^* 值($P<0.05$), 但小于S1和S2的 b^* 值($P>0.05$); 野生鱼的饱和脂肪酸总量大于养殖鱼, 差异显著($P<0.05$); 野生鱼的不饱和脂肪酸总量大于养殖鱼; 野生鱼的多不饱和脂肪酸总量以及二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸总量小于养殖鱼; 野生鱼的动脉硬化指数和血栓形成指数大于养殖鱼; 野生鱼的多烯指数小于养殖鱼的多烯指数; 野生鱼和养殖鱼的非必需氨基酸(NEAA)含量>必需氨基酸(EAA)含量>半必需氨基酸(SEAA)含量; 野生鱼的TAA(总氨基酸)含量>养殖鱼TAA含量, 野生鱼的F值<养殖鱼的F值; 野生鱼和S2的第1限制性氨基酸为缬氨酸, 第2限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸, S0和S1却相反。 **结论** 大黄鱼围网养殖的养殖周期能在较大程度上影响鱼体肥满度和脂肪含量。

关键词: 养殖阶段; 大黄鱼; 体色; 营养成分

中图分类号: S983 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)01-0024-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.01.004

Comparison of Difference in the Body Color and Nutritional Composition of *Pseudosciaena Crocea* in Different Culture Stages

GUO Quan-you¹, XING Xiao-liang^{1,2}, JIANG Chao-jun¹, LI Song^{1,3}

(1.East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;
2.College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China;
3.School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the effects of seasonal change and growth cycle on the body color and nutritional composition difference of cultured *Pseudosciaena crocea*, by comparing the difference in the body shape and nutritional composition of cultured *Pseudosciaena crocea*, with the *Pseudosciaena crocea* in purse seine culture as the study object. With the wild *Pseudosciaena crocea* (W) as the control group, the *Pseudosciaena crocea*s in different culturing stages (S0

收稿日期: 2018-08-20

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费资助项目(2016HY-ZD0803); 国家自然科学基金(31871872); 上海市自然科学基金(16ZR1444900)

作者简介: 郭全友(1974—), 男, 副研究员, 主要研究方向为水产品加工与安全保障。

for July, S1 for October, S2 for January of next year) were analyzed for body shape index, freshness index, color difference and nutritional index. The difference in body color and nutritional composition of *Pseudosciaena crocea* in different culture stages was comprehensively evaluated. The results showed that, the freshness of cultured and wild *Pseudosciaena crocea*s reached the first level standards; the body length/height of wild fish was larger than that of cultured fish; the fatness of wild fish was larger than that of cultured fish; and the fat content was in decline. The b^* value of wild fish $>S0$ ($P<0.05$), but $<S1$ and $S2$ ($P>0.05$). Σ SFA of wild fish was significantly larger than that of cultured fish ($P<0.05$). Σ MUFA of wild fish was larger than that of cultured fish. Σ PUFA and Σ (EPA+DHA) of wild fish were lower than those of cultured fish. IA and IT of wild fish were larger than those of cultured fish, but PI value was lower than that of cultured fish. The wild and cultured fish both expressed the rule NEAA>EAA>SEAA. The TAA content of wild fish was higher than that of cultured fish. F value of wild fish was smaller than that of cultured fish. The first restrictive amino acids of wild fish and S2 were valine, and the second restrictive amino acid was methionine + cystine. However, S0 and S1 were on the contrary. The culture cycle of purse seine culture of *Pseudosciaena crocea* can greatly affect the body fatness and fat content.

KEY WORDS: culture stages; *Pseudosciaena crocea*; body color; nutritional composition

大黄鱼 (*Pseudosciaena crocea*) 属暖温性中下层鱼类, 适温范围为 $8\sim 32\text{ }^{\circ}\text{C}$, 适盐范围为 $0.65\%\sim 3.4\%$, 是我国六大养殖品种之一。20 世纪 80 年代末, 大黄鱼人工繁殖技术获得突破, 养殖技术日趋成熟, 形成了筏式网箱、池塘、深水网箱和围网等养殖模式。2016 年养殖产量约 14.8 万 t, 主要分布在福建、浙江和广东等区域^[1]。大黄鱼存在体形肥胖、体色退化、肉质松软和发病率高等问题^[2], 严重制约了大黄鱼产业的可持续性发展和经济效益, 因此养殖大黄鱼体形、色泽、质构和营养等的改善成为人们关注热点之一。

养殖大黄鱼体形、体色、营养、脂肪酸和氨基酸品质等受品系、饵料、环境、季节和养殖模式等影响^[3-4]。研究表明, 野生和养殖的大黄鱼相比, 野生鱼肥满度和脂肪含量低^[2]; 大黄鱼采用深水网箱和围网等养殖模式, 具有水流畅通、养殖密度低和接近自然生态环境的特点, 其体形、体色、质地和风味等更接近野生大黄鱼, 但存在生长周期长和投资成本较大等问题^[5-6]。研究表明, 养殖周期或季节变化对水产品营养和品质等有重要影响^[7-8]。温度较高的季节, 尤其鱼类洄游时, 鱼的生长速度较快, 且味道鲜美^[9]。近年来, 人们对养殖大黄鱼营养、品质、保鲜和物流等进行了相关研究^[10-14], 但不同养殖阶段对大黄鱼体形、体色和营养成分影响的研究少见报道。根据大黄鱼的生态习性和洄游规律等, 3~4 月在南方 (如宁德) 进行苗种培育, 通常次年 5~6 月鱼体成长至 200 g 左右, 移至台州和舟山等海域, 放养在深水网箱、围网或大围栏中进行养殖, 形成了生态优先和品质至上的仿生态养殖模式^[15-16]。在生产实践中, 生产者把大黄鱼由筏式小网箱移至深水或围网中养殖, 需要养殖多久 (养殖周期) 才能实现降低脂肪和提升品质的目的, 业界未有统一意见, 相关研究亦少有报道。基于养殖阶段对大黄鱼体形、体色和营养等

的影响及生产实践的需求, 这里针对上述相关问题开展有关研究。

文中以浙江台州大陈岛围网养殖大黄鱼为研究对象, 养殖大黄鱼达到常规市售质量的夏季为起点, 确保捕后鲜度良好 (一级品) 的基础上, 分析养殖阶段对大黄鱼体形、体色、营养、脂肪酸和氨基酸的影响, 基于野生大黄鱼量少和捕获的不确定性, 选取相近海域捕获的某批野生大黄鱼作为参照, 旨在为提升大黄鱼品质和优化养殖模式等提供依据。

1 实验

1.1 材料和设备

2015 年 4 月在福鼎某传统筏式养殖基地进行苗种培育, 2016 年春季鱼体较小, 达不到常规市售质量, 故从夏季开始对养殖大黄鱼的体形、体色和营养进行研究。2016 年 6 月大黄鱼生长至 200 g 左右, 从福鼎某传统筏式养殖基地活鱼运输至台州大陈岛海域, 放入铜合金大围网 (水深 $8\sim 12\text{ m}$) 中养殖, 在 2016 年 7 月 (养殖阶段设为第 0 月) 10 月 (养殖阶段设为第 3 月) 和 2017 年 1 月 (养殖阶段设为第 6 月) 天黑后取样, 分别记为 S0, S1 和 S2。2016 年 8 月在周边海域捕获野生大黄鱼, 以一层鱼一层冰的方式放置于泡沫箱内, 12 h 内运至实验室。

主要试剂: 石油醚, 浓硫酸, 硫酸铜, 硫酸钾, 30 g/L 的硼酸, 体积分数为 95% 的乙醇, 甲基红, 亚甲基蓝, 30 g/L 氢氧化钠, 10 g/L 的酚酞指示剂, 0.1 mol/L 的盐酸, 体积分数为 5% 高氯酸, 均为分析纯, 购自国药集团化学试剂有限公司; 37 种脂肪酸甲酯混标 (纯度 $>99\%$), 苯酚, 氮气, 三乙胺乙腈, 正己烷, 均为色谱纯, 购自国药集团化学试剂有限公司。

主要设备: 0~150 mm 游标卡尺, 上海麦睿斯国

际贸易有限公司；YH 电子秤，瑞安市英衡电器有限公司；CR400 色差计，日本 CHROMA METER 公司；MB 水分分析仪，艾德姆衡器有限公司；LINDBERG/BLUE BF51731 系列马弗炉，上海百贺仪器科技有限公司；SZC-D 脂肪测定仪，上海纤检仪器有限公司；KDN-103F 定氮仪，上海纤检仪器有限公司；安捷伦 7890A 气相色谱仪，安捷伦 1200 氨基酸分析仪，美国 Sigma-Aldrich 公司。

1.2 方法

随机选取不同阶段的养殖大黄鱼与野生大黄鱼各 5 尾，先进行体形、体色、感官和挥发性盐基氮测定。随后，再取脊背两侧可食部分肌肉，将可食部分

肌肉制浆，置于 -18°C 冰箱备用，样品解冻后，进行相关指标测定。

1.2.1 体形指标

体长/体高和肥满度的测定按照 GB/T 18654.3—2008^[17]和 GB/T 18654.4—2008^[18]进行。

1.2.2 鲜度指标

感官评价参考 SC/T 3101—2010^[19]，判定标准见表 1，由 6 名经过训练的评价员组成感官评价小组对样品进行感官评价，感官评价时在恒温、恒湿、光线稳定的独立空间进行。挥发性盐基氮（TVB-N）值参照 GB 5009.228—2016^[20]，每个样品做 3 组平行。

表 1 大黄鱼感官评价标准
Tab.1 Sensory evaluation standard for *Pseudosciaena crocea*

项目	一级品	合格品
外观	鳞片紧致、完整，呈金黄或虎黄色（包括白磷黄），体表有光泽；鳃丝清晰，呈鲜红或紫红色，黏液透明；眼球饱满，角膜清晰	鳞片易擦落，呈淡黄色，光泽较差；鳃丝粘连，呈淡红或暗红色，黏液略混浊；眼球平坦或微陷，角膜稍浑浊
组织	肌肉坚实，组织紧密有弹性	肌肉稍软，弹性稍差
气味	有大黄鱼、小黄鱼固有气味，无异味	有大黄鱼、小黄鱼固有气味，基本无异味
水煮实验	水煮后，具有鲜鱼正常的鲜味，肌肉细腻，滋味鲜美	水煮后，具有鲜鱼正常的鲜味

1.2.3 营养指标

水分含量、灰分均参照 GB 5009.3—2016 进行测试，粗脂肪、粗蛋白含量分别参照 GB 5009.6—2016，GB 5009.5—2016 进行测定^[21—24]，所测结果均以湿基表示。

1.2.4 脂肪酸和氨基酸测定

参照 GB 5009.168—2016^[25]和 GB 5009.124—2016^[26]进行测定。

1.2.5 氨基酸和脂肪酸评价

氨基酸评价采用氨基酸评分（AAS）、化学评分（CS）和 F 值^[27]，见式（1—3）。脂肪酸评价采用多烯指数（PI）、动脉粥样硬化指数（IA）和血栓形成指数（IT）^[28]，PI 表示多不饱和脂肪酸的损失情况，IA 和 IT 用于评估大黄鱼的营养状况^[29]，见式（4—6）。

$$S_{AA} = \frac{M_a}{M_b} \times 100\% \quad (1)$$

$$S_C = \frac{M_a}{M_c} \times 100\% \quad (2)$$

$$F = \frac{M_{Val} + M_{Leu} + M_{Ile}}{M_{Phe} + M_{Tyr}} \quad (3)$$

$$I_p = \frac{M_{C20:5} + M_{C22:6}}{M_{C16:0}} \quad (4)$$

$$I_A = \frac{M_{C12:0} + 4M_{C14:0} + M_{C16:0}}{M_{\Sigma MUFA} + M_{\Sigma PUFA}} \quad (5)$$

$$I_T = \frac{M_{C14:0} + M_{C16:0} + M_{C18:0}}{0.5M_{\Sigma MUFA} + 0.5M_{\Sigma PUFA(n-6)} + 3M_{\Sigma PUFA(n-3)} + \frac{M_{\Sigma PUFA(n-3)}}{M_{\Sigma PUFA(n-6)}}} \quad (6)$$

式中： S_{AA} 为氨基酸评分； S_C 为化学评分； I_p 为多烯指数； I_A 为动脉粥样硬化指数； I_T 为血栓形成指数； M_a 为待测样品中氨基酸含量（mg/g）； M_b 为 FAO（联合国粮食及农业组织）/WHO（世界卫生组织）评分模式中同种氨基酸含量（mg/g）； M_c 为鸡蛋蛋白中同种氨基酸的含量（mg/g）； M_{Val} 为缬氨酸含量； M_{Leu} 为亮氨酸含量； M_{Ile} 为异亮氨酸含量； M_{Phe} 为苯丙氨酸含量； M_{Tyr} 为酪氨酸含量； n 为脂肪酸中的甲基端， $\Sigma PUFA(n-3)$ ， $\Sigma PUFA(n-6)$ 为多不饱和脂肪酸中第 1 个不饱和键分别出现在碳链甲基端的第 3 位和第 6 位的总量， $M_{\Sigma PUFA(n-3)}$ 和 $M_{\Sigma PUFA(n-6)}$ 分别为其对应的含量； $C20:5$ 指该种脂肪酸种类含有 20 个碳，且饱和键的个数为 5，后同。

1.2.6 色差测定

测量大黄鱼腹部体色，见图 1，包括 L^* 、 a^* 和 b^* ，其中 L^* 表示亮度， $L^*=0$ 时为黑色， $L^*=100$ 时为白色， L^* 数值越大，则颜色越亮，否则颜色越暗； a^* 值越大表示颜色越红，否则颜色越绿； b^* 值越大表示颜色越黄，否则颜色越蓝。

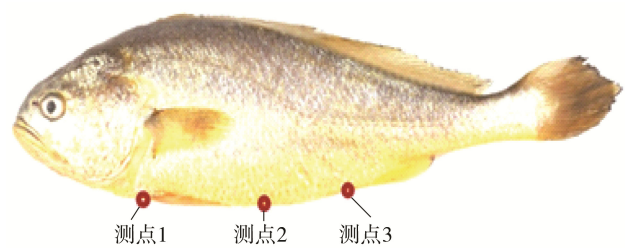


图 1 大黄鱼腹部各点测量位置
Fig.1 Measuring position of each point of *Pseudosciaena crocea*'s belly

1.3 数据分析

使用 SPSS 17.0 统计软件，利用单因子方差分析比较不同养殖模式和野生大黄鱼生长和品质的差异。在方差分析前，对近似成分组成、氨基酸含量和脂肪酸含量数据进行反正弦平方根变换，以满足等方差的假设。

2 结果与讨论

2.1 鱼体体形

野生和养殖大黄鱼体形特性见表 2。由表 2 可知，野生大黄鱼体长/体高（3.89）> 养殖大黄鱼体长/体高（3.49~3.72），养殖鱼体长/体高的 3 个阶段呈递增趋势，W 与 S0 间显著性差异（ $P<0.05$ ），与 S1 和 S2 差异不显著（ $P>0.05$ ）；野生大黄鱼肥满度（1.16）< 养殖大黄鱼肥满度（1.23~1.68），养殖鱼 3 个阶段呈现下降趋势，W 与 S0 间显著性差异（ $P<0.05$ ），而与 S1 和 S2 差异不显著（ $P>0.05$ ）。肥满度反映鱼体的营养、物理和生物学状态，与其他研究中野生鱼肥满度（1.26）< 饲料养殖鱼肥满度的结论一致，其

肥满度（1.71）与 S0 接近（1.68）^[2]。结果表明，围网养殖至第 3 个月和第 6 个月时鱼的肥满度及体长/体高与野生鱼差异不显著，能有效改变养殖鱼体形，提升市场接受度和商品价值。

2.2 鲜度评价

海产品捕后在内源性酶和细菌等作用下，鲜度随之下落，蛋白质分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质^[30]。大黄鱼冰藏运至实验室时感官评价（鱼体、肌肉、眼球、气味、腮等）良好，符合一级品要求。野生（W）和养殖大黄鱼（S0，S1，S2）的 TVB-N 值分别为 8.18 ± 0.78 ， 8.21 ± 1.17 ， 9.80 ± 1.58 ， 6.02 ± 0.20 mg/(100 g)，均小于 13 mg/(100 g)，达到一级品标准。

2.3 营养成分

野生和养殖大黄鱼的营养成分见表 3。由表 3 可知，野生大黄鱼的水分、灰分和脂肪含量低于养殖大黄鱼，而其蛋白质含量高于养殖大黄鱼；养殖大黄鱼 3 个阶段的脂肪含量呈下降趋势，其中 W 与 S0 和 S1 间差异显著（ $P<0.05$ ），与 S2 间差异不显著（ $P>0.05$ ）；3 个阶段的水分、灰分和蛋白质变化趋势不明显，水分及灰分含量中，W 与 S1 和 S2 间差异显著（ $P<0.05$ ），与 S0 间差异不显著（ $P>0.05$ ）；蛋白质含量中，W 与 S0、S1 和 S2 间均差异显著（ $P<0.05$ ）。养殖大黄鱼到第 6 个月时（冬季）与他人报告大围网养殖鱼脂肪质量分数（10.95%）接近^[2]，同时，粗脂肪含量随着养殖阶段的延长呈下降趋势，这与肥满度的变化趋势一致，表明养殖过程中大黄鱼呈现高蛋白和低脂肪的变化趋势，尤其围网养殖至 6 个月时大黄鱼脂肪含量与野生鱼脂肪含量无显著差异，可能是由围网大增加了鱼类运动量所导致。

表 2 野生和养殖大黄鱼体形特征
Tab.2 Body feature of wild and cultured *Pseudosciaena crocea*

样品	体长/体高	体长/cm	体质量/g	肥满度/(g·(100 cm) ⁻³)
W	3.89±0.16 ^a	26.00±1.10 ^a	149.18±22.37 ^a	1.16±0.20 ^a
S0	3.49±0.10 ^b	18.76±1.41 ^a	243.82±15.27 ^b	1.68±0.35 ^b
S1	3.58±0.12 ^a	27.70±1.21 ^a	333.00±15.39 ^b	1.43±0.04 ^a
S2	3.72±0.17 ^a	28.53±0.69 ^a	353.20±17.78 ^b	1.23±0.13 ^a

注：同列数据上不同字母表示与 W 差异显著

表 3 野生和养殖模式大黄鱼营养成分含量（质量分数）
Tab.3 Nutritional content (mass fraction) composition of wild and cultured *Pseudosciaena crocea* %

样品	水分	灰分	脂肪	蛋白质
W	65.24±0.58 ^a	1.24±0.03 ^a	9.76±0.01 ^a	20.80±0.11 ^a
S0	72.53±2.24 ^a	1.28±0.05 ^a	13.75±0.52 ^b	17.18±0.32 ^b
S1	77.01±0.59 ^b	2.02±0.00 ^b	12.65±0.00 ^b	15.87±0.00 ^b
S2	73.99±2.47 ^b	1.88±0.01 ^b	10.74±0.00 ^a	17.08±0.14 ^b

注：同列数据上不同字母表示与 W 差异显著

2.4 鱼体体色

野生和养殖大黄鱼体表体色差异见表4。由表4可知,野生大黄鱼的 L^* 值高于养殖大黄鱼; a^* 值低于养殖大黄鱼,表明养殖大黄鱼的体色偏红,W与S0差异不显著($P>0.05$),与S1和S2差异显著($P<0.05$);野生大黄鱼的 b^* 值优于7月养殖大黄鱼样品(S0),且差异显著($P<0.05$),但其值低于S1和S2养殖大黄鱼,差异不显著($P>0.05$)。结果显示,养殖鱼与野生鱼相比,亮度差异不大,颜色偏红,养殖至第3和6月时,颜色偏黄。大黄鱼体色差异受饵料、环境和光照等影响,大黄鱼晚上收获时光线极弱,体色金黄,而白天起捕时,体色较淡,可推测大黄鱼金黄体色的保持与光作用紧密相关^[31—32]。

表4 野生和养殖模式大黄鱼体表色泽
Tab.4 Skin color of wild and cultured
Pseudosciaena crocea

样品	L^*	a^*	b^*
W	80.40±1.21 ^a	-0.44±0.86 ^a	31.73±1.96 ^a
S0	78.29±0.18 ^a	0.50±0.26 ^a	16.74±3.14 ^c
S1	72.90±2.39 ^b	6.05±2.83 ^b	44.14±1.31 ^a
S2	76.72±0.09 ^a	4.81±4.32 ^b	38.39±2.30 ^a

注:同列数据上不同字母差异显著

2.5 脂肪酸评价

野生和养殖大黄鱼脂肪酸组成见表5,由表5可见,野生(W)与养殖鱼(S0, S1, S2)分别检出19, 19, 20和22种脂肪酸,包括饱和脂肪酸(7, 7, 8和10种),单不饱和脂肪酸(5, 5, 5和4种)和PUFA(7, 7, 7和8种)等。野生大黄鱼和养殖鱼的饱和脂肪酸总量>单不饱和脂肪酸总量>多不饱和脂肪酸总量,饱和脂肪酸总量(W与S0, S1和S2)分别为(41.91±1.26)%,(35.87±1.08)%,(34.79±1.04)%和(37.01±1.11)%,野生鱼的饱和脂肪酸总量>养殖鱼的饱和脂肪酸总量,差异显著($P<0.05$),其中野生鱼的C16:0和C18:0含量>养殖鱼的C16:0和C18:0含量,野生鱼的C14:0和C17:0含量<养殖鱼的C14:0和C17:0含量,差异显著($P<0.05$)。单不饱和脂肪酸总量(W与S0, S1和S2)分别为(37.88±1.14)%,(32.45±0.97)%,(30.12±0.90)%和(34.27±1.03)%,野生鱼单不饱和脂肪酸总量>养殖鱼单不饱和脂肪酸总量,W与S2差异显著($P<0.05$),其中野生鱼的C16:1和C18:1含量大于养殖鱼的,差异显著($P<0.05$),而野生鱼的C22:1含量小于S0和S1的C22:1含量,差异显著($P<0.05$)。多不饱和脂肪酸总量(W, S0, S1和S2)分别为(16.37±0.49)%,(27.51±0.83)%,(29.29±0.88)%和(25.14±0.75)%。

野生鱼多不饱和脂肪酸总量<养殖鱼多不饱和脂肪酸总量,差异显著($P<0.05$),其中野生鱼的C20:5(EPA)含量<养殖鱼的C20:5(EPA)含量,但野生鱼的C20:4(ARA)含量大于养殖鱼的,尤其C22:6含量野生鱼与养殖鱼差异显著($P<0.05$);幼儿时期ARA属必需脂肪酸,成人能由亚油酸、亚麻酸转化而成,因此ARR属于半必需脂肪酸,野生鱼的ARA含量>养殖鱼的ARA含量;EPA和DHA为必需脂肪酸,自身无法合成,养殖鱼的EPA+DHA总量大于野生鱼。野生大黄鱼的IA(0.72)>养殖鱼的IA(0.60~0.61),野生鱼的IT(0.58)>养殖鱼的IT(0.40~0.48),但养殖鱼(S0, S1和S2)间的IA和IT均无显著差异($P>0.05$),但大于其他养殖鱼类(如鲷鱼)的IA和IT^[33],表明养殖大黄鱼脂肪酸不饱和度高,具有降血脂、软化血管和抑制血栓形成功能;野生大黄鱼的PI指数(0.41)<养殖鱼的PI指数(0.50~0.73),表明野生大黄鱼多不饱和脂肪酸降解及氧化程度小于养殖鱼。

2.6 氨基酸评价

养殖和野生大黄鱼氨基酸组成见表6,可知野生鱼和养殖鱼中非必需氨基酸(NEAA)含量>必需氨基酸(EAA)含量>半必需氨基酸(SEAA)含量,其中谷氨酸含量最高,其次为天冬氨酸;野生鱼的总氨基酸(TAA)含量(14.64 g/(100 g))>养殖鱼的TAA含量(4.09~4.79 g/(100 g)),W与S0和S2差异显著($P<0.05$),与S1差异不显著($P>0.05$);养殖鱼间的TAA含量呈先升后降的变化趋势。野生鱼NEAA含量(7.40 g/(100 g))>养殖鱼NEAA含量(5.85~7.22 g/(100 g)),W与S0差异显著($P<0.05$),但与S1和S2差异不显著($P>0.05$),各种野生鱼的NEAA含量与养殖鱼均差异显著($P<0.05$);3个季节养殖鱼间NEAA含量呈先升后降的变化趋势。野生鱼EAA含量(5.93 g/(100 g))>养殖鱼EAA含量(4.09~4.79 g/(100 g)),W除苯丙氨酸含量外,其余氨基酸含量与养殖鱼均差异显著($P<0.05$);养殖鱼间EAA含量呈先升后降的变化趋势。野生鱼的SEAA含量>养殖鱼的SEAA含量(S0和S2),差异显著($P<0.05$),但W的SEAA含量小于S1,差异性不显著($P>0.05$);3个季节养殖鱼间SEAA含量呈先升后降的变化趋势。S1的TAA, NEAA, SEAA, EAA和NEAA/TAA指标均大于S0和S2, EAA/TAA均接近FAO/WHO模式中高质量、蛋白质的要求(约40%),超过对EAA/NEAA的要求(60%之上);养殖鱼(S0, S1和S2)间EAA/TAA和EAA/NEAA呈下降趋势,而NEAA/TAA呈上升趋势。

表 5 野生和养殖大黄鱼脂肪酸含量（质量分数）组成
Tab.5 Fatty acid content (mass fraction) composition of wild and cultured *Pseudosciaena crocea* %

脂肪酸	W	S0	S1	S2
C4:0	0.17±0.00 ^a	0.24±0.01 ^b	—	0.76±0.03 ^b
C14:0	1.89±0.02 ^a	3.05±0.10 ^b	3.04±0.06 ^b	2.83±0.10 ^b
C15:0	0.26±0.01 ^a	0.45±0.01 ^b	0.63±0.02 ^b	0.56±0.01 ^b
C16:0	31.70±1.20 ^a	24.40±0.93 ^b	23.50±0.62 ^b	24.80±0.74 ^b
C17:0	0.90±0.03 ^a	1.16±0.02 ^b	1.70±0.05 ^b	1.48±0.04 ^b
C18:0	6.67±0.21 ^a	6.04±0.17 ^b	5.30±0.12 ^b	5.24±0.16 ^b
C20:0	—	—	0.56±0.02 ^a	0.13±0.00 ^a
C21:0	—	—	0.06±0.00	1.00±0.03
C22:0	—	—	—	0.10±0.00
C24:0	0.32±0.01 ^a	0.53±0.02 ^b	—	0.11±0.00 ^b
饱和脂肪酸总量	41.91±1.26 ^a	35.87±1.08 ^b	34.79±1.04 ^b	37.01±1.11 ^b
C16:1(n-9)	11.20±0.47 ^a	7.35±0.27 ^b	7.17±0.26 ^b	8.87±0.34 ^b
C17:1(n-7)	0.60±0.02 ^a	0.36±0.01 ^b	0.95±0.03 ^b	1.07±0.02 ^b
C18:1(n-9)	25.30±0.76 ^a	23.20±0.70 ^b	19.60±0.59 ^b	23.70±0.71 ^b
C22:1(n-9)	0.28±0.01 ^a	1.17±0.04 ^b	1.45±0.04 ^b	—
C24:1(n-9)	0.50±0.02 ^a	0.37±0.01 ^b	0.95±0.03 ^b	0.63±0.02 ^b
单不饱和脂肪酸总量	37.88±1.14 ^a	32.45±0.97 ^a	30.12±0.90 ^b	34.27±1.03 ^a
C18:2(n-6)	0.59±0.02 ^a	9.57±0.29 ^b	5.88±0.18 ^b	2.85±0.09 ^b
C18:3(n-3)	1.11±0.03 ^a	3.43±0.10 ^b	3.34±0.10 ^b	2.94±0.09 ^b
C20:2(n-6)	0.18±0.01 ^a	1.08±0.03 ^b	0.52±0.02 ^b	0.89±0.03 ^b
C20:3(n-3)	0.27±0.01 ^a	0.23±0.01 ^b	1.57±0.05 ^b	1.39±0.04 ^b
C20:4 (n-6) (ARA)	1.38±0.04 ^a	0.96±0.03 ^b	0.75±0.02 ^b	1.37±0.04 ^a
C20:5(n-3) (EPA)	4.04±0.12 ^a	4.13±0.12 ^b	4.73±0.14 ^b	4.25±0.13 ^b
C22:2	—	—	—	0.55±0.02 ^b
C22:6(n-3) (DHA)	8.80±0.26 ^a	8.11±0.24 ^b	12.50±0.38 ^b	10.90±0.33
多不饱和脂肪酸总量	16.37±0.32 ^a	27.51±0.83 ^b	29.29±0.88 ^b	25.14±0.75 ^b
PI	0.41±0.01 ^a	0.50±0.02 ^b	0.73±0.01 ^b	0.61±0.02 ^b
IA	0.72±0.02 ^a	0.61±0.02 ^b	0.60±0.02 ^b	0.61±0.02 ^b
IT	0.58±0.02 ^a	0.47±0.01 ^b	0.36±0.01 ^b	0.40±0.01 ^b

注：同行数据上不同字母表示与 W 差异显著

由表 6 可见，野生鱼的 F 值评价小于养殖鱼，3 个季节养殖鱼间呈下降趋势，人类 F 值范围为 3.0~3.5，肝脏受损时， F 值范围为 1.0~1.5，养殖鱼（1.82~2.31） F 值与人类的 F 值更为接近，大于人体肝脏受损范围，说明养殖鱼降低胆固醇和保肝抗癌的作用更好。野生和养殖大黄鱼必需氨基酸评价见表 7，可知野生鱼第 1 限制性氨基酸为缬氨酸，第 2 限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸，养殖鱼（S0 和 S1）却相反，S2 第 1 限制性氨基酸与野生鱼相同，但第 2 限制性氨基酸为赖氨酸，表明野生鱼和养殖鱼第 1 和第 2 限制性氨基酸种类存在差异。大黄鱼养殖不同阶段的营养价值差异，可能与季节和生长阶段等有关。

表 6 养殖和野生大黄鱼氨基酸含量组成
Tab.6 Amino acid composition cultured and wild *Pseudosciaena crocea*

g/(100 g)

氨基酸	W	S0	S1	S2
谷氨酸	2.24±0.07 ^a	1.71±0.05 ^b	1.89±0.06 ^b	1.94±0.06 ^b
天冬氨酸	1.47±0.04 ^a	1.18±0.04 ^b	1.28±0.04 ^b	1.26±0.04 ^b
甘氨酸	0.79±0.02 ^a	0.70±0.02 ^b	1.13±0.03 ^b	0.93±0.03 ^b
丙氨酸	0.90±0.03 ^a	0.76±0.02 ^b	0.94±0.03 ^b	0.85±0.03 ^b
丝氨酸	0.64±0.02 ^a	0.55±0.02 ^b	0.62±0.02 ^a	0.58±0.02 ^b
酪氨酸	0.57±0.02 ^a	0.42±0.01 ^b	0.48±0.01 ^b	0.45±0.01 ^b
胱氨酸	0.09±0.00 ^a	0.05±0.00 ^b	0.08±0.00 ^a	0.16±0.00 ^b
脯氨酸	0.70±0.02 ^a	0.48±0.01 ^b	0.80±0.02 ^b	0.62±0.02 ^b
非必需氨基酸 (NEAA)	7.40±0.22 ^a	5.85±0.18 ^b	7.22±0.22 ^a	6.79±0.20 ^a
精氨酸	0.96±0.03 ^a	0.71±0.02 ^b	0.99±0.03 ^b	0.87±0.03 ^b
组氨酸	0.35±0.01 ^a	0.27±0.01 ^b	0.35±0.01 ^a	0.25±0.01 ^b
半必需氨基酸 (SEAA)	1.31±0.04 ^a	0.98±0.03 ^b	1.34±0.04 ^a	1.12±0.03 ^b
赖氨酸	1.36±0.04 ^a	1.03±0.03 ^b	1.09±0.03 ^b	0.55±0.02 ^b
亮氨酸	1.20±0.04 ^a	0.93±0.03 ^b	0.96±0.03 ^b	0.99±0.03 ^b
缬氨酸	0.81±0.02 ^a	0.61±0.02 ^b	0.66±0.02 ^b	0.40±0.01 ^b
异亮氨酸	0.72±0.02 ^a	0.56±0.02 ^b	0.54±0.02 ^b	0.55±0.02 ^b
苏氨酸	0.72±0.02 ^a	0.55±0.02 ^b	0.64±0.02 ^b	0.59±0.02 ^b
苯丙氨酸	0.62±0.02 ^a	0.49±0.01 ^b	0.58±0.02 ^a	0.61±0.02 ^a
蛋氨酸	0.50±0.02 ^a	0.38±0.01 ^b	0.32±0.01 ^b	0.41±0.01 ^b
必需氨基酸 (EAA)	5.93±0.18 ^a	4.55±0.14 ^b	4.79±0.14 ^b	4.09±0.12 ^b
总氨基酸 (TAA)	14.64±0.44 ^a	11.38±0.34 ^b	13.35±0.40 ^a	12.01±0.36 ^b
EAA/TAA×100%	40.51±1.22 ^a	39.98±1.20 ^a	35.88±1.08 ^b	34.05±1.02 ^b
NEAA/TAA×100%	50.55±1.52 ^a	51.41±1.54 ^a	54.09±1.62 ^a	56.54±1.69 ^b
EAA/NEAA×100%	80.14±2.40 ^a	77.78±2.33 ^a	66.34±1.99 ^b	60.38±1.81 ^b
<i>F</i>	1.39±0.04	2.31±0.07	2.04±0.06	1.82±0.05

注：同行数据上不同字母表示与 W 差异显著

表 7 野生和养殖大黄鱼必需氨基酸评价
Tab.7 Essential amino acids evaluation in wild and cultured *Pseudosciaena crocea*

指标	样品	异亮氨酸	亮氨酸	苏氨酸	缬氨酸	赖氨酸	蛋氨酸+胱氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸
AAS	W	0.87±0.03	0.82±0.02	0.87±0.03	0.79±0.02 [*]	1.20±0.04	0.81±0.02 ^{**}	0.94±0.03
	S0	0.81±0.02	0.77±0.02	0.80±0.02	0.72±0.02 ^{**}	1.10±0.03	0.71±0.02 [*]	0.87±0.03
	S1	0.85±0.03	0.86±0.03	1.01±0.03	0.84±0.03 ^{**}	1.26±0.04	0.72±0.02 [*]	1.10±0.03
	S2	0.80±0.02	0.82±0.02	0.87±0.03	0.50±0.01 [*]	0.59±0.02 ^{**}	0.94±0.03	1.02±0.03
CS	W	0.65±0.02	0.68±0.02	0.74±0.02	0.59±0.02 ^{**}	0.93±0.03	0.46±0.01 [*]	0.63±0.02
	S0	0.62±0.02	0.63±0.02	0.69±0.02	0.54±0.02 ^{**}	0.85±0.03	0.41±0.01 [*]	0.59±0.02
	S1	0.64±0.02	0.71±0.02	0.86±0.03	0.63±0.02 ^{**}	0.97±0.03	0.41±0.01 [*]	0.74±0.02
	S2	0.60±0.02	0.68±0.02	0.74±0.02	0.37±0.01 [*]	0.46±0.01 ^{**}	0.51±0.02	0.69±0.02

注：^{*}表示第 1 限制性氨基酸；^{**}表示第 2 限制性氨基酸

3 结语

对围网养殖3个季节的大黄鱼体形、营养、体色、脂肪酸和氨基酸等差异进行分析,并探究大黄鱼养殖过程营养和体色等变化规律。得到如下结论:养殖大黄鱼和野生大黄鱼鲜度均符合一级品要求,野生鱼的体长/体高值>养殖鱼的体长/体高值,野生鱼肥满度<养殖鱼肥满度,养殖过程分别呈上升和下降趋势,第6个月时养殖鱼与野生鱼无显著差异;野生鱼的水分、灰分和脂肪含量小于养殖鱼,野生鱼的蛋白质大于养殖鱼,养殖过程脂肪含量呈下降趋势;野生鱼的 L^* 值大于养殖鱼,野生鱼的 a^* 值小于养殖鱼,野生鱼的 b^* 值小于S1和S2,表明养殖鱼与野生鱼亮度差异不大,颜色偏红,第3和第6月时,体色变黄;野生鱼的饱和脂肪酸总量和单不饱和脂肪酸总量大于养殖鱼,野生鱼的多不饱和脂肪酸总量和EPA+DHA总量小于养殖鱼,野生鱼的C20:4(AHA)和C22:6(DHA)含量大于养殖鱼,野生鱼的IA和IT大于养殖鱼,野生鱼的PI指数小于养殖鱼,表明养殖鱼脂肪酸不饱和度高,野生鱼多不饱和脂肪酸降解及氧化程度小于养殖鱼;野生鱼和养殖鱼中的NEAA含量>EAA含量>SEAA含量,野生鱼的TAA,NEAA,EAA和SEAA含量大于养殖鱼,野生鱼的F值小于养殖鱼,养殖过程中的TAA,NEAA,EAA和SEAA均呈先升后降的变化趋势,EAA/TAA,EAA/NEAA和F值呈下降趋势,而NEAA/TAA呈上升趋势。结果表明,养殖阶段对大黄鱼肥满度和脂肪含量的变化有重要影响,能够使大黄鱼向低脂高蛋白方向发展,为优化养殖过程和提升品质提供一定支持。

参考文献:

- [1] 刘增胜,李书民,徐晖,等.中国渔业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2017.
LIU Zeng-sheng, LI Shu-min, XU Hui, et al. China Fishery Statistical Search Book[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [2] 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,2016,26(11): 108—116.
MENG Yu-qiong, MA Rui, SHEN-TU Ji-kang, 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, 26(11): 108—116.
- [3] 周飘苹,金敏,吴文俊,等.不同养殖模式、投喂不同饵料及不同品系大黄鱼营养成分比较[J].动物营养学报,2014,26(4): 969—980.
ZHOU Piao-ping, JIN Min, WU Wen-jun, et al. Comparison of Nutrient Components of Large Yellow Croaker Cultured in Different Modes, Fed Different Feeds and from Different Strains[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2014, 26(4): 969—980.
- [4] FENG Shuo-heng, CAI Zuo-nan, ZUO Ran-tao, et al. Effects of Dietary Phospholipids on Growth Performance and Expression of Key Genes Involved in Phosphatidylcholine Metabolism in Larval and Juvenile Large Yellow Croaker, *Larimichthys Crocea*[J]. Aquaculture, 2017, 469: 59—66.
- [5] 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 Quan-you, SONG Wei, JIANG Chao-jun, 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.
- [6] 肖雄,林淑琴,吴雄飞,等.三种不同养殖模式下大黄鱼鱼皮、鱼鳞挥发性风味成分分析[J].中国水产科学,2017,24(2): 341—354.
XIAO Xiong, LIN Shu-qin, WU Xiong-fei, et al. Volatile flavor Compounds on the Skin and Scales of *Pseudosciaena Crocea* Cultured Using Three Different Methods[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24(2): 341—354.
- [7] SUOMELA J P, LUNDÉN S, KAIMAINEN M, et al. Effects of Origin and Season on the Lipids and Sensory Quality of European Whitefish (*Coregonus Lavaretus*)[J]. Food Chemistry, 2016, 197: 1031—1037.
- [8] 赵樑,吴娜,王锡昌,等.不同生长阶段下中华绒螯蟹滋味成分差异研究[J].现代食品科技,2016(7): 261—269.
ZHAO Liang, WU Na, WANG Xi-chang, et al. Comparison of the Flavor Components of Chinese Mitten Crab at Different Growth Stages[J]. Modern Food Science and Technology, 2016(7): 261—269.
- [9] 刘红英,齐凤生,张辉,等.水产品加工与贮藏[M].北京:化学工业出版社,2008.
LIU Hong-ying, QI Feng-sheng, ZHANG Hui, et al. Processing and Storage of Aquatic Products[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [10] 陈世达,张登科,雷叶斯,等.模拟物流条件下养殖大黄鱼保鲜品质的变化[J].食品安全质量检测学报,2018,9(5): 1110—1116.
CHEN Shi-da, ZHANG Deng-ke, LEI Ye-si, et al. Changes of Quality and Fresh-keeping of Cultured Large Yellow Croaker in Simulated Logistics Condi-

- tion[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(5): 1110—1116.
- [11] WEI Ze-hong, MA Jun, PAN Xiao-yi, et al. Dietary Hydroxyproline Improves the Growth and Muscle Quality of Large Yellow Croaker *Larimichthys Crocea*[J]. Aquaculture, 2016, 464: 497—504.
- [12] SUN Xiao-hong, XIAO Lei, LAN Wei-qing, et al. Effects of Temperature Fluctuation on Quality Changes of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena Crocea*) with Ice Storage during Logistics Process[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2018, 42(2): 13505.
- [13] WEI Z, ZHOU H, ZHANG Y, et al. Integrative Analysis of Transcriptomics and Metabolomics Profiling on Flesh Quality of Large Yellow Croaker *Larimichthys Crocea* Fed a Diet with Hydroxyproline Supplementation[J]. British Journal of Nutrition, 2018, 119(4): 359—367.
- [14] 翁丽萍, 戴志远, 赵芸, 等. 养殖大黄鱼和野生大黄鱼特征滋味物质的分析与比较[J]. 中国食品学报, 2015(4): 254—261.
- WENG Li-ping, DAI Zhi-yuan, ZHAO Yun, et al. Comparative Studies of Characteristic Flavour Compounds between Cultured and Wild Large Yellow Croakers[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2015(4): 254—261.
- [15] 李多云, 苗亮, 陈炯, 等. 大黄鱼仿生态分阶段养殖新模式的构建及问题探讨[J]. 宁波大学学报(理工版), 2017, 30(2): 1—5.
- LI Ming-yun, MIAO Liang, CHEN Jiong, et al. Establishment and Discussion on the New Model of Simulated Ecological and Grading Aquaculture for Large Yellow Croaker[J]. Journal of Ningbo University (NSEE), 2017, 30(2): 1—5.
- [16] 庄定根. 南麂岛大黄鱼产业化养殖品质改良技术开发——大黄鱼健康养殖技术研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2014.
- ZHUANG Ding-gen. Technique Development on Improving the Industrialization Culture Quality of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena Crocea*) in the Nanji Island: Large Yellow Croaker Breeding Techniques Health Research[D]. Ningbo: Ningbo University, 2014.
- [17] GB/T 18654.3—2008, 养殖鱼类种质检验第 3 部分: 性状测定[S].
- GB/T 18654.3—2008, Inspection of Germplasm for Cultured Fishes-part 3, Measurement of Characters[S].
- [18] GB/T 18654.4—2008, 养殖鱼类种质检验第 4 部分: 年龄与生长的测定[S].
- GB/T 18654.4—2008, Inspection of Germplasm for Cultured Fishes-part 4: Determination of Age and Growth[S].
- [19] SC/T 3101—2010, 鲜大黄鱼、冻大黄鱼、鲜小黄鱼、冻小黄鱼[S].
- SC/T 3101—2010, Fresh and Frozen Large Yellow Croaker & Fresh and Frozen Small Yellow Croaker[S].
- [20] GB 5009.228—2016, 食品中挥发性盐基氮的测定[S].
- GB 5009.228—2016, Determination of Volatile Base Nitrogen in Foods[S].
- [21] GB 5009.3—2016, 食品中水分的测定[S].
- GB 5009.3—2016, Determination of Moisture in Foods[S].
- [22] GB 5009.4—2016, 食品中灰分的测定[S].
- GB 5009.4—2016, Ministry of Health, Determination of Ash in Foods[S].
- [23] GB 5009.5—2016, 食品中蛋白质的测定[S].
- GB 5009.5—2016, Determination of Protein in Foods[S].
- [24] GB 5009.6—2016, 食品中脂肪的测定[S].
- GB 5009.6—2016, Determination of Crude Fat in Foods[S].
- [25] GB 5009.168—2016, 动植物油脂肪酸甲酯的气相色谱分析[S].
- GB 5009.168—2016, Gas Chromatographic Analysis of Fatty Acid Methyl Ester of Animal and Vegetable Oils[S].
- [26] GB 5009.124—2016, 食品中氨基酸的测定[S].
- GB 5009.124—2016, Determination of Amino Acids in Foods[S].
- [27] 郭全友, 董艺伟, 李保国, 等. 淡腌青鱼加工过程、制品品质特征和安全性评价[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(2): 315—322.
- GUO Quan-you, DONG Yi-wei, LI Bao-guo, et al. Evaluation of Quality and Safety of Lightly Salted *Mylopharyngodon Piceus* in Processing and Storage[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2017, 29(2): 315—322.
- [28] FERNANDES C E, VASCONCELOS M A S, RIBEIRO M A, et al. Nutritional and Lipid Profiles in Marine Fish Species from Brazil[J]. Food Chemistry, 2014, 160: 67—71.
- [29] VIDA I, BOGDANOVI T, POLJAK V, et al. Changes in Fatty Acid Composition, Atherogenic and Thrombogenic Health Lipid Indices and Lipid Stability of Bogue (*Boops Boops* Linnaeus, 1758) during Storage on Ice: Effect of Fish Farming Activities[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 40: 120—125.
- [30] 王硕, 谢晶, 刘爱芳. 生物保鲜技术在海产品中的应用及展望[J]. 包装工程, 2017, 38(1): 137—142.
- WANG Shuo, XIE Jing, LIU Ai-fang. Application of Bio-preservation Technology in Marine Products and

- the Prospects[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(1): 137—142.
- [31] 李欢. 大黄鱼皮肤主成色素分析及光对其体色影响的初步研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2014.
- LI Huan. The Main Skin Pigment Analysis and Effects of Light in Skin Pigmentation of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena Crocea*)[D]. Ningbo: Ningbo University, 2014.
- [32] YI X, SHEN H, LI J, et al. Effects of Dietary Vitamin E and Astaxanthin on Growth, Skin Colour and Antioxidative Capacity of Large Yellow Croaker *Larimichthys Crocea*[J]. Aquaculture Nutrition, 2018, 24(1): 472—480.
- [33] VIDA S, TANJA B, VEDRAN P, et al. Changes in Fatty Acid Composition, Atherogenic and Thrombogenic Health Lipid Indices and Lipid Stability of Bogue (*Boops Boops* Linnaeus, 1758) during Storage on Ice: Effect of Fish Farming Activities[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015, 40: 120—125.