

黄伟卿, 张 艺, 周振平, 等. 大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉营养分析[J]. 渔业研究, xxxx, xx(x): 1-8.

Huang W Q, Zhang Y, Zhou Z P, et al. Nutritional analysis of F₃ muscles in the breeding of *Larimichthys crocea* offspring[J]. Journal of Fisheries Research, xxxx, xx(x): 1-8.

大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉营养分析



黄伟卿^{1,2}, 张 艺³, 周振平⁴, 周逸洋⁴, 周舒宁⁴,
周洪磊⁴, 武小宣¹, 丁建发^{5*}

(1. 宁德师范学院海洋学院, 福建 宁德 352100;

2. 闽东水产品精深加工福建省高校工程研究中心, 福建 宁德 352100;

3. 福建省闽东水产研究所, 福建 宁德 352100;

4. 宁德市鼎诚水产有限公司, 福建 宁德 352100;

5. 宁德师范学院生物科学与工程学院, 福建 宁德 352100)

摘要: 【目的】探究选育对大黄鱼肌肉营养的影响。【方法】取大黄鱼选育子代 F₃ 和同期同一环境养殖的未经选育的对照组进行肌肉粗蛋白质、粗脂肪、水分和灰分含量, 以及氨基酸组成和脂肪酸组成对比分析。【结果】大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉中的粗蛋白质含量 (16.77%±0.33%) 高于对照组, 粗脂肪含量 (12.23%±0.12%) 和水分含量 (69.13%±0.69%) 均低于对照组, 但差异不显著 ($P>0.05$); 肌肉中所含的氨基酸总量 (TAA) 和鲜味氨基酸 (DAA) 均显著高于对照组 ($P<0.05$), 必需氨基酸指数 (EAAI) 达 84.71±0.86, 与对照组基本保持一致; 肌肉中所含的多不饱和脂肪酸 (PUFA) 为 27.63%±0.63%, 高度不饱和脂肪酸 (HUFA) 为 12.79%±0.50%, $\sum n-3$ PUFA 含量 (13.21%±0.44%) 和 EPA+DHA 含量 (11.70%±0.49%) 均显著高于对照组 ($P<0.05$), 但 $\sum n-6$ PUFA 的含量 (13.82%±0.95%) 显著低于对照组 ($P<0.05$)。【结论】开展大黄鱼复合体型修长、体色金黄和生长速度快的多性状良种选育, 能提高大黄鱼肌肉中 TAA、DAA、PUFA、HUFA、 $\sum n-3$ PUFA 和 EPA+DHA 的含量, 改善大黄鱼品质。

关键词: 大黄鱼; 选育子代 F₃; 肌肉营养

中图分类号: S965.322 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9848 (xxxx) 00-0001-08

大黄鱼 (*Larimichthys crocea*) 属鲈形目 (Perciformes)、石首鱼科 (Sciaenidae)、黄鱼属 (*Larimichthys*), 是暖温性洄游鱼类, 主要养殖在福建、浙江和广东等地, 是中国特有的、重要的经济水产鱼类之一^[1-4]。近年来, 对大黄鱼的良种选育主要是针对生长速度、抗逆性等指标进行的^[5], 而本课题组为增加良种选育成功的可能性, 以大黄鱼

复合生长快、体型佳、体色黄为经济指标进行良种育种, 拟选育出具有生长性能佳、品质好的优良大黄鱼^[6]。

大黄鱼的品质除与本身形态特征有很大关系外, 更为重要的是体现在肌肉营养状况方面^[1], 因而对该优良品系进行肌肉营养分析对选育结果具有十分重要的意义。目前, 关于大黄鱼肌肉营养成分

收稿日期: 2025-02-04

修回日期: 2025-03-10

基金项目: 福建省农业引导性项目“高品质大黄鱼良种选育与推广”(2023N0019); 福建省社科研究基地“闽东特色乡村振兴之路研究中心”平台研究专项〔闽社科规〔2020〕1号〕; 福建省高等学校科技创新团队“福建海洋经济绿色发展创新团队”(闽教科〔2023〕15号)

第一作者: 黄伟卿, 男, 副教授, 研究方向为水产增养殖。E-mail: 393634584@qq.com

通信作者: 丁建发, 男, 副教授, 研究方向为营养成分分析。E-mail: 269222940@qq.com

分析主要集中在对比养殖与海捕野生^[1]、不同养殖模式^[7-8]、不同养殖族群^[9]等方面,而针对选育大黄鱼肌肉营养品质分析,仅见林利民等^[10]和李明云等^[11]对不同群体选育家系的大黄鱼子代开展的肉质营养分析。因此,本研究主要以大黄鱼良种选育过程中经济性状遗传较为稳定的选育系 F₃ 为研究对象,对其肌肉营养进行分析,以期为高品质大黄鱼良种选育提供理论与实践意义。

1 材料与方法

1.1 材料

2021年12月,宁德师范学院“高品质大黄鱼良种选育与推广”课题组在宁德市鼎诚水产有限公司综合大黄鱼的生长快(体质量为指标)为第一选择性状、体型(体长/体高和尾柄长/尾柄高为指标)为第二选择性状和体色(背部蓝黄值为指标)为第三选择性状为复合经济性状指标进行选育,经测量,大黄鱼“鼎诚1号”选育系 F₃ 的亲本平均体长/体高为 3.40±0.16、尾柄长/尾柄高为 4.50±0.05、体质量为(912.81±99.32)g、背部蓝黄值为 5.70±0.32。在同一环境下,同期从闽-粤东族普通大黄鱼中挑选性腺成熟、体型完整的大黄鱼为对照组亲本,经测量,其平均体长/体高为 3.00±0.15、尾柄长/尾柄高为 3.60±0.04、体质量为(773.29±84.14)g、背部蓝黄值为 4.30±0.32。选育组亲本与对照组亲本同时进行人工催产,并在同一环境下,经育苗池培

育至体长为 5~7 cm 的大黄鱼选育子代 F₃ 和对照组苗种;培育后,将苗种置于宁德市三都澳内海上塑胶网箱中,在同一环境下进行人工养殖。养殖水质条件符合 NY 5052—2001《无公害食品 海水养殖用水水质标准》要求,饵料以人工配合饲料为主、冰鲜杂鱼为辅,饵料系数在 2.0~3.0 之间。

1.2 方法

2022年8月,分别从大黄鱼“鼎诚1号”选育系 F₃ [体质量为(96.24±26.59)g、体长/体高为 3.50±0.33、尾柄长/尾柄高为 3.74±0.50] 和对照组 [体质量为(70.00±31.67)g、体长/体高为 3.31±0.36、尾柄长/尾柄高为 3.49±0.38] 中的3个平行养殖组取背部两侧肌肉 300 g,搅碎混匀后,对肌肉中的水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪、氨基酸组成、脂肪酸组成等营养成分进行检测,检测方法同张艳霞等^[7]。本研究中的所有实验均经宁德师范学院实验室动物使用研究伦理委员会批准进行,批准编号为 NDSY-03。

营养评价根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)1973年建议的每克氨基酸评分标准模式^[12-14]和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式^[15]:以氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分(Chemical score, CS)和必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)来评定肌肉蛋白质的氨基酸营养价值,其计算公式如下:

$$\text{氨基酸评分 (AAS)} = \frac{\text{待测样品氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ pro)}}{\text{FAO/WHO评分模式同种氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ pro)}} \quad (1)$$

$$\text{化学评分 (CS)} = \frac{\text{待测样品氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ pro)}}{\text{全鸡蛋蛋白质同种氨基酸含量 (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ pro)}} \quad (2)$$

$$\text{必需氨基酸指数 (EAAI)} = \sqrt[n]{\frac{\text{Lys} (t) \times 100 \cdots \times \text{Val} (t) \times 100}{\text{Lys} (s) \times \cdots \times \text{Val} (t)}} \quad (3)$$

式(3)中: n 为比较必需氨基酸数量; t 为待测样品蛋白质必需氨基酸的含量; s 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸含量;Lys为赖氨酸;Val为缬氨酸。

1.3 数据处理

统计分析采用 SPSS 27.0 软件处理,并对结果采用 t 检验,对试验结果进行显著性检验分析。试验数据均采用(平均值±标准差)表示。

2 结果

2.1 选育子代 F₃ 的一般营养成分

大黄鱼“鼎诚1号”选育系 F₃ 肌肉中的粗蛋白

含量为 16.77%±0.33%,高于对照组的 16.67%±0.46% ($P>0.05$);粗脂肪含量为 12.23%±0.12%,水分含量为 69.13%±0.69%,均低于对照组,但差异不显著 ($P>0.05$);粗灰分含量基本保持一致,维持在 1.40% (表 1)。

2.2 选育子代 F₃ 的氨基酸组成

大黄鱼“鼎诚1号”选育系 F₃ 肌肉中所含的氨基酸总量(Total amino acids, TAA)为(16.10±0.34)g·100 g⁻¹,鲜味氨基酸(Delicious amino acids, DAA)为(6.50±0.16)g·100 g⁻¹,两者均高于对照组,且差异显著 ($P<0.05$);而必需氨

氨基酸 (Essential amino acids, EAA) 为 (6.50±0.11) g·100 g⁻¹, 虽然也高于对照组, 但差异不显著 ($P>0.05$) (表 2)。

根据 AAS 评价模式, 大黄鱼“鼎诚 1 号”选育系 F₃ 与对照组肌肉所含的 EAA 中, 不存在限制性氨基酸; 根据 CS 评价模式, 大黄鱼“鼎诚 1 号”选

育系 F₃ 与对照组肌肉所含的 EAA 中, 甲硫氨酸 + 半胱氨酸和苯丙氨酸 + 酪氨酸为限制性氨基酸。对大黄鱼肌肉氨基酸营养价值进行评价, 大黄鱼“鼎诚 1 号”选育系 F₃ 的 EAAI 为 84.70±0.86, 略高于对照组的 84.60±1.93, 但差异不显著 ($P>0.05$) (表 3)。

表 1 大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉中一般营养成分分析

Tab. 1 Analysis of general nutrient in F₃ muscles of breeding offspring of *L. crocea*

项目 Items	粗蛋白质/% Crude protein	粗脂肪/% Crude fat	水分/% Moisture	粗灰分/% Ash
“鼎诚 1 号”选育系 F ₃ “Dingcheng No. 1” breeding system F ₃	16.77±0.33	12.23±0.12	69.13±0.69	1.40±0.05
对照组 Control group	16.67±0.46	12.83±0.74	69.80±0.80	1.40±0.08

注: *表示组间差异显著 ($P<0.05$), 未标注表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同此。

Notes: * indicates significant difference between groups ($P<0.05$), unlabeled indicates no significant difference ($P>0.05$). It's the same as following tables.

表 2 大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉中氨基酸组成分析

Tab. 2 Analysis of amino acid components in F₃ muscles of breeding offspring of *L. crocea*

项目 Items	“鼎诚 1 号”选育系 F ₃ /g·100 g ⁻¹ “Dingcheng No. 1” breeding system F ₃	对照组/g·100 g ⁻¹ Control group
天冬氨酸 Asp*	1.69±0.03	1.67±0.02
苏氨酸 Thr♦	0.78±0.02	0.76±0.01
丝氨酸 Ser	0.68±0.01	0.68±0.01
谷氨酸 Glu*	2.73±0.05	2.77±0.02
甘氨酸 Gly*	1.00±0.04*	0.95±0.02
丙氨酸 Ala*	1.03±0.03	1.01±0.01
缬氨酸 Val♦	0.86±0.02	0.85±0.01
甲硫氨酸 Met♦	0.45±0.02	0.44±0.03
异亮氨酸 Ile♦	0.79±0.01	0.80±0.01
亮氨酸 Leu♦	1.32±0.01	1.33±0.01
酪氨酸 Tyr	0.55±0.01	0.55±0.01
苯丙氨酸 Phe♦	0.68±0.02	0.68±0.01
赖氨酸 Lys♦	1.59±0.03	1.59±0.01
组氨酸 His	0.37±0.00	0.36±0.01
精氨酸 Arg	1.04±0.02	1.03±0.02
脯氨酸 Pro	0.57±0.03	0.56±0.02
氨基酸总量 TAA	16.10±0.34*	16.00±0.18
必需氨基酸 EAA	6.50±0.11	6.40±0.07
鲜味氨基酸 DAA	6.50±0.16*	6.40±0.07
必需氨基酸/氨基酸总量 EAA/TAA	0.40±0.00	0.40±0.00
鲜味氨基酸/氨基酸总量 DAA/TAA	0.40±0.01	0.40±0.00

注: *表示鲜味氨基酸; ♦表示必需氨基酸。

Notes: * indicates delicious amino acids; ♦ indicates essential amino acids.

2.3 选育子代 F₃ 的脂肪酸组成

无论是选育还是未经选育的大黄鱼肌肉中, 含量较高的均为单不饱和脂肪酸 (Monounsaturated fatty acid, MUFA) 中的油酸 (C18:1n9c) 和饱和

脂肪酸 (Saturated fatty acids, SFA) 中的棕榈酸 (C16:0)。大黄鱼“鼎诚 1 号”选育系 F₃ 肌肉中的 SFA 含量为 36.13%±0.44%, MUFA 含量 (31.67%±0.29%) 低于对照组, 而不饱和脂肪酸 (Unsat-

rated fatty acids, UFA) 含量 (59.29%±0.37%) 高于对照组, 但差异不显著 ($P>0.05$)。而大黄鱼“鼎诚 1 号”选育系 F₃ 的多不饱和脂肪酸 (Polyunsaturated fatty acids, PUFA) 含量 (27.63%±0.63%)、高度不饱和脂肪酸 (Highly unsaturated fatty acids, HUFA) 含量 (12.79%±0.50%) 则均显著高于对照

组 ($P<0.05$)。大黄鱼“鼎诚 1 号”选育系 F₃ 的大黄鱼肌肉中 Σ n-3PUFA 含量 (13.21%±0.44%) 显著高于对照组 ($P<0.05$), 但 Σ n-6PUFA 含量 (13.82%±0.95%) 显著低于对照组 ($P<0.05$); 且 EPA+DHA 含量 (11.70%±0.49%) 显著高于对照组 ($P<0.05$) (表 4)。

表 3 大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉中氨基酸营养价值评价

Tab. 3 Evaluation of amino acid nutritional value in F₃ muscles of breeding offspring of *L. crocea*

项目 Items	“鼎诚 1 号”选育系 F ₃ “Dingcheng No. 1” breeding system F ₃		对照组 Control group	
	AAS	CS	AAS	CS
异亮氨酸 Ile	118.05±1.95	87.40±1.44	118.81±1.17	88.21±0.86
亮氨酸 Leu	113.49±2.07	92.37±1.68	113.63±1.60	92.49±1.31
赖氨酸 Lys	173.13±1.54	136.03±1.21	172.46±2.06	135.50±1.61
甲硫氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	77.14±3.10	47.37±1.90 [#]	75.07±6.07	46.09±3.73 [#]
苏氨酸 Thr	116.53±1.64	99.17±1.39	113.35±1.78	96.47±1.51
缬氨酸 Val	102.82±0.82	77.90±0.62	101.01±1.04	76.52±0.79
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	123.69±0.95	79.80±0.62 [#]	122.31±2.63	78.91±1.70 [#]
必需氨基酸指数 EAAI	84.71±0.86		84.65±1.93	

注: [#]表示限制性氨基酸。

Note: [#] indicates limiting amino acid.

表 4 大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉中脂肪酸组成分析

Tab. 4 Analysis of fatty acid components in F₃ muscles of breeding offspring of *L. crocea*

项目 Items	“鼎诚 1 号”选育系 F ₃ % “Dingcheng No. 1” breeding system F ₃	对照组/% Control group
肉豆蔻酸 C14:0	2.70±0.08 [*]	2.52±0.05
十五(烷)酸 C15:0	0.29±0.01	0.27±0.01
棕榈酸 C16:0	25.97±0.60	25.90±0.29
棕榈油酸 C16:1n7c ^{⊙△}	7.80±0.25 [*]	7.66±0.10
十七烷酸 C17:0	0.30±0.01	0.28±0.01
顺式-10-十七碳烯酸 C17:1n7c ^{⊙△}	0.44±0.01	0.41±0.02
十八(烷)酸硬脂酸 C18:0	5.18±0.14 [*]	5.52±0.10
油酸 C18:1n9c ^{⊙△}	22.83±0.25 [*]	23.47±0.31
亚油酸 C18:2n6c ^{⊙•}	13.10±0.94 [*]	13.27±0.09
α -亚麻酸 C18:3n3c ^{⊙•}	1.50±0.09	1.50±0.02
二十(烷)酸花生酸 C20:0	0.20±0.00	0.19±0.00
顺-11-二十碳一烯酸 C20:1n9c ^{⊙△}	0.59±0.02	0.62±0.05
亚油酸 C20:2n6c ^{⊙•}	0.24±0.01	0.24±0.01
花生四烯酸 C20:4n6c (ARA) ^{⊙•☆}	0.60±0.04	0.58±0.02
二十碳五烯酸 C20:5n3c (EPA) ^{⊙•☆}	4.63±0.10 [*]	4.46±0.11
二高- γ -亚麻酸 C22:2n6c ^{⊙•☆}	0.48±0.00 [*]	0.35±0.02
二十三碳酸 C23:0	0.28±0.01	0.22±0.01
木蜡酸 C24:0	1.27±0.02	1.31±0.04
二十二碳六烯酸 C22:6n3c (DHA) ^{⊙•☆}	7.08±0.49 [*]	6.59±0.26
其他 Others	4.56±0.21	4.63±0.08

续表 4

项目 Items	“鼎诚 1 号”选育系 F ₃ /% “Dingcheng No. 1” breeding system F ₃	对照组/% Control group
饱和脂肪酸 SFA	36.13±0.44	36.21±0.30
不饱和脂肪酸 UFA	59.29±0.37	59.15±0.26
单不饱和脂肪酸 MUFA	31.67±0.29	32.16±0.28
多不饱和脂肪酸 PUFA	27.63±0.63*	26.99±0.50
n-3 族多不饱和脂肪酸和 \sum n-3PUFA	13.21±0.44*	12.55±0.37
n-6 族多不饱和脂肪酸和 \sum n-6PUFA	13.82±0.95*	14.44±0.13
高度不饱和脂肪酸 HUFA	12.79±0.50*	11.98±0.41
二十碳五烯酸 EPA+二十二碳六烯酸 DHA	11.70±0.49*	11.05±0.36

注: °表示不饱和脂肪酸; △表示单不饱和脂肪酸; *表示多不饱和脂肪酸; *表示高度不饱和脂肪酸。

Notes: ° indicates unsaturated fatty acids; △ indicates monounsaturated fatty acid; * indicates polyunsaturated fatty acids; * indicates highly unsaturated fatty acids.

3 讨论

3.1 选育对大黄鱼肌肉一般营养成分的影响

粗蛋白质、粗脂肪、水分和粗灰分是评价肌肉营养成分的重要指标^[15-16]。在本研究中, 大黄鱼选育组肌肉较对照组具有“低脂肪、高蛋白质”优质水产品的特点, 表明通过不断地群体选育, 大黄鱼的肌肉营养成分发生了微量变化, 选择育种对于大黄鱼的肉质改良是可能的, 而对肌肉品质改良选育将有助于大黄鱼产业从单一“产量驱动”转向“质量驱动”。类似的结果也出现在黄河鲤 (*Cyprinus carpio haematopterus*)^[17]、许氏平鲈 (*Sebastes schlegeli*)^[18]、大口黑鲈 (*Micropterus salmoides*)^[19]和虹鳟 (*Oncorhynchus mykiss*)^[20]的研究中。但大黄鱼选育组与对照组肌肉中所含的粗蛋白质和粗脂肪的含量差异并不显著, 这一结果与李明云等^[11]进行大黄鱼家系选育子代肌肉营养成分分析的研究结果一致, 分析原因主要是鱼类肌肉品质的遗传变异较低, 而对于遗传力低的性状, 需要多个世代、较长的时间进行定向选育, 才能获得较好的遗传进展^[21]。

3.2 选育对大黄鱼肌肉氨基酸组分的影响

鱼类肌肉中氨基酸的含量、种类和比例决定了蛋白质的营养价值, EAA 是指人体不能合成或合成速度不能满足自身生长发育需求的氨基酸, 其组成与含量是鱼肉营养价值评价的重要指标^[22]。在本次研究中, 大黄鱼选育组与对照组的 EAA 含量虽然差异不显著, 但选育组高于对照组, 且 EAA/TAA 为 0.40, 符合 WHO/FAO 推荐的理想模式, 说明各选育组的氨基酸组成相对均衡, 含量丰富。除 EAA 外, DAA 含量也是评价鱼肉营养品质的重要指标之一, 动物蛋白质的口感在一定程度上

取决于其 DAA 的含量。本次研究结果显示, 体型较修长 [体长/体高为 (3.50±0.33)、尾柄长/尾柄高为 (3.74±0.50)] 的大黄鱼选育组肌肉中所含的 DAA 显著高于对照组 ($P<0.05$), 这一研究结果与吕小康^[23]和韩坤煌等^[24]在研究大黄鱼肌肉营养分析时, 体型修长的大黄鱼肌肉 DAA 的含量较高一致。究其原因, 笔者认为主要是本次采用的群体选育复合了体型修长这一指标, 从而增加了大黄鱼肌肉中 DAA 的含量。

3.3 选育对大黄鱼肌肉脂肪酸组分的影响

脂肪酸的组成在一定条件下可以反映肌体的健康水平、摄食情况和营养水平^[25]。SFA 是重要供能物质, 但含量过高会导致动脉硬化^[12]。UFA 可使胆固醇酯化, 降低血清胆固醇水平、低密度脂蛋白水平和冠心病发生概率, 是评定食品品质的重要标志。因此, 脂肪中脂肪酸的含量及组成也是影响人身体健康的重要指标^[12]。而肌肉中含 PUFA 的 n-6 族和 n-3 族在人类及哺乳动物体内不能合成, 必需通过食物摄取而获得; 其中 n-3 族 PUFA 是一种生物活性调节剂, 具有类激素作用, 可以扩张血管、降低血压和预防心血管疾病等, 同时具有抗炎免疫应答反应, 有益人体健康; 而 n-6 族 PUFA 能引起血小板聚集、血管收缩和炎症等免疫反应, 对人体健康造成不利影响^[26]。在本次研究中发现, 大黄鱼选育系 F₃ 肌肉中的 SFA 含量低于对照组, UFA 含量高于对照组, HUFA 含量显著高于对照组 ($P<0.05$); 且大黄选育系 F₃ 的肌肉脂肪酸中 \sum n-3PUFA 的含量显著高于对照组 ($P<0.05$), \sum n-6PUFA 的含量显著低于对照组 ($P<0.05$); EPA+DHA 含量显著高于对照组 ($P<0.05$)。这也说明选育对大黄鱼脂肪酸含量具有一定的改善作用, 建

议后期在进行大黄鱼肌肉营养品质改良育种时,可以针对脂肪酸这一营养指标进行大黄鱼选择育种。

4 结论

综上所述,本次对大黄鱼选育子代 F₃ 肌肉进行营养分析发现,其肌肉中所含的粗蛋白质和粗脂肪发生了微量变化;TAA 和 DAA 显著高于对照组 ($P<0.05$),且 PUFA、HUFA、 $\sum n-3$ PUFA 和 EPA+DHA 含量均显著高于对照组 ($P<0.05$)。结果表明,采用选育可以改善大黄鱼的肌肉营养指标,但需要多个世代、较长的时间进行定向选育,才能获得较好肌肉营养的大黄鱼良种。但本研究仅从基本成分和氨基酸、脂肪酸角度进行分析,对于营养评价不够全面,且缺乏其他微量营养素的评价;对于选育性状与肌肉营养的潜在关系也未经分子生物学验证。因此,后期将对后续选育子代进行较为全面的肌肉营养分析和论证选育性状与肌肉营养的关系,从而为下一步针对大黄鱼肌肉营养的良种选育制定更为系统的技术路线。

参考文献 (References):

- [1] 刘家富. 大黄鱼养殖与生物学 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2013.
Liu J F. Culture and biology of large yellow croaker [M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2013.
- [2] 包特力根白乙. 中国大黄鱼产业: 生产、市场及展望 [J]. 中国渔业经济, 2024, 42 (1): 33 - 42.
Bao T. Large yellow croaker industry in China: production, market and prospect [J]. Chinese Fisheries Economics, 2024, 42(1): 33 - 42.
- [3] 黄伟卿, 刘家富, 刘招坤, 等. 大黄鱼养殖技术 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2019.
Huang W Q, Liu J F, Liu Z K, et al. Large yellow croaker cultivation techniques [M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2019.
- [4] 中华人民共和国农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2024 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2024.
Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. 2024 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2024.
- [5] 徐鹏, 柯巧珍, 苏永全, 等. 大黄鱼种质资源保护与利用现状及建议 [J]. 水产学报, 2022, 46 (4): 674 - 682.
Xu P, Ke Q Z, Su Y Q, et al. Protection and utilization status and prospect of large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) germplasm resources [J]. Journal of Fisheries of China, 2022, 46(4): 674 - 682.
- [6] 黄伟卿, 张艺, 刘铮, 等. 大黄鱼复合性状选育子代 F₂ 和 F₃ 经济性状和遗传力分析 [J]. 海洋开发与管
理, 2024, 41 (10): 83 - 89.
Huang W Q, Zhang Y, Liu Z, et al. Economic characters and heritability analysis of F₂ and F₃ progeny of *Larimichthys crocea* with complex traits [J]. Ocean Development and Management, 2024, 41(10): 83 - 89.
- [7] 张艳霞, 谢成民, 周纷, 等. 两种养殖模式大黄鱼肌肉营养价值评价及主体风味物质差异性分析 [J]. 食品科学, 2020, 41 (8): 220 - 227.
Zhang Y X, Xie C M, Zhou F, et al. Evaluation of muscle nutritional value and differences in main flavor substances of *Pseudosciaena crocea* in two cultivation modes [J]. Food Science, 2020, 41(8): 220 - 227.
- [8] 黄伟卿, 张艺, 王晓晓, 等. 低盐养殖大黄鱼肌肉营养成分分析 [J]. 水产科技情报, 2019, 46 (6): 301 - 307.
Huang W Q, Zhang Y, Wang X X, et al. Nutrition composition analysis of aquacultured *Larimichthys crocea* in different salinity [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2019, 46(6): 301 - 307.
- [9] 陈金玉, 杨盈悦, 黄家海, 等. 4 种来源大黄鱼营养成分的比较分析 [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13 (21): 7020 - 7027.
Chen J Y, Yang Y Y, Huang J H, et al. Comparative analysis on nutritional components of *Larimichthys crocea* from 4 kinds of sources [J]. Journal of Food Safety and Quality, 2022, 13(21): 7020 - 7027.
- [10] 林利民, 王秋荣, 王志勇, 等. 不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较 [J]. 中国水产科学, 2006, 13 (2): 286 - 291.
Lin L M, Wang Q R, Wang Z Y, et al. Comparison of biochemical compositions of muscle among three stocks and wild-caught large yellow croaker *Pseudosciaena crocea* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(2): 286 - 291.
- [11] 李明云, 郑岳夫, 管丹东, 等. 大黄鱼四家系肌肉营养成分差异及品质选育分析 [J]. 水产学报, 2009, 33 (4): 632 - 638.

- Li M Y, Zheng Y F, Guan D D, *et al.* The nutrition of fatty acid and amino acid analysis of four genealogies *Pseudosciaena crocea* (Richardson)[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2009, 33(4): 632 – 638.
- [12] 李凤林, 张忠, 李凤玉. 食品营养学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 24 – 49.
- Li F L, Zhang Z, Li F Y. Food nutrition[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009: 24 – 49.
- [13] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United National University Press, 1980: 26 – 29.
- [14] 桥本芳郎. 养鱼饲料学 [M]. 蔡完其, 译. 北京: 农业出版社, 1980: 104 – 115.
- Hashimoto Y. Fish feed science[M]. Cai W Q, trans. Beijing: China Agricultural Press, 1980: 104 – 115.
- [15] Pal J, Shukla B N, Maurya A K, *et al.* A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid[J]. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2018, 6(2): 427 – 430.
- [16] Jacquot R. Organic constituents of fish and other aquatic animal foods[M]//Borgstrom G. Fish as food. Amsterdam: Academic Press, 1961: 145 – 209.
- [17] 王冰柯, 王延晖, 冯建新, 等. 黄河鲤新品系 F₃ 和 F₄ 群体的生长和肌肉营养成分差异分析 [J]. *水产科学*, 2023, 42 (3): 488 – 495.
- Wang B K, Wang Y H, Feng J X, *et al.* Analysis of difference in growth and muscle nutrient composition between F₃ and F₄ populations of Yellow River common carp *Cyprinus carpio* new strain[J]. *Fisheries Science*, 2023, 42(3): 488 – 495.
- [18] 王婧文, 王英俊, 刘天红, 等. 6 个不同群体许氏平鲈肌肉氨基酸分析及评价 [J]. *中国渔业质量与标准*, 2020, 10 (2): 65 – 72.
- Wang J W, Wang Y J, Liu T H, *et al.* Analysis and evaluation of muscles amino acids from *Sebastes schlegeli* in six different regions[J]. *Chinese Fishery Quality and Standards*, 2020, 10(2): 65 – 72.
- [19] 樊佳佳, 白俊杰, 李胜杰, 等. 大口黑鲈“优鲈 1 号”选育群体肌肉营养成分和品质评价 [J]. *中国水产科学*, 2012, 19 (3): 423 – 429.
- Fan J J, Bai J J, Li S J, *et al.* Nutrient composition and nutritive quality of the muscle of *Micropterus salmoides*, “Youlu No. 1”[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, 19(3): 423 – 429.
- [20] 李文文, 黄天晴, 谷伟, 等. 六个虹鳟代表性繁育群体肌肉营养成分分析 [J]. *水生生物学报*, 2023, 47 (9): 1425 – 1434.
- Li W W, Huang T Q, Gu W, *et al.* The analysis of muscle nutrient composition of six representative breeding population of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, 47(9): 1425 – 1434.
- [21] Gjerdem T. Genetic variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish[J]. *Aquaculture*, 1983, 33(1-4): 51 – 72.
- [22] 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.
- Wang L N, Tian Y S, Tang J, *et al.* Analysis and quality evaluation of nutritional components in the muscle of *Epinephelus moara*, *E. lanceolatus* and hybrid “Yunlong grouper”[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(7): 1085 – 1093.
- [23] 吕小康. 禁食对大黄鱼幼鱼营养成分、消化酶活性及基因表达的影响 [D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2018.
- Lü X K. Effects of fasting on muscle nutrition, digestive enzyme and gene expression of juvenile *Larimichthys crocea*[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2018.
- [24] 韩坤煌, 黄伟卿, 戴燕彬. 围网与普通网箱养殖大黄鱼营养成分的比较与分析 [J]. *河北渔业*, 2011 (12): 24 – 28, 57.
- Han K H, Huang W Q, Dai Y B. Comparison and analysis of the nutrient components of *Larimichthys crocea* in seine net and traditional net cage[J]. *Hebei Fisheries*, 2011(12): 24 – 28, 57.
- [25] Jana S N, Garg S K, Patra B C. Effect of inland water salinity on growth performance and nutritional physiology in growing milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): field and laboratory studies[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2006, 22(1): 25 – 34.
- [26] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
- Chinese Nutrition Society. Reference intake of dietary nutrients for Chinese residents[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000.

Nutritional analysis of F₃ muscles in the breeding of *Larimichthys crocea* offspring

HUANG Weiqing^{1,2}, ZHANG Yi³, ZHOU Zhenping⁴, ZHOU Yiyang⁴, ZHOU Shuning⁴,
ZHOU Honglei⁴, WU Xiaoxuan¹, DING Jianfa^{5*}

(1. College of Marine Sciences, Ningde Normal University, Ningde 352100, China;

2. Engineering Research Center of Mindong Aquatic Product Deep-Processing, Ningde 352100, China;

3. Mindong Fishery Research Institute of Fujian Province, Ningde 352100, China;

4. Ningde Dingcheng Fishery Company Limited, Ningde 352100, China;

5. College of Biological Science and Engineering, Ningde Normal University, Ningde 352100, China)

Abstract: [Objective] This study aims to explore the impact of selective breeding on the nutritional quality of the muscles of *Larimichthys crocea*. [Methods] A comparative analysis was conducted on the crude protein, crude fat, moisture, ash, amino acid composition, and fatty acid composition of muscles between the selectively bred F₃ generation of *L. crocea* and the non-selected control group cultured under identical environmental conditions during the same period. [Results] The results demonstrated that the crude protein content in the muscles of the selected F₃-generation *L. crocea* was 16.80%±0.33%, which was higher than that of the control group. In contrast, the crude fat content (12.20%±0.12%) and moisture content (69.10%±0.69%) were lower, though these differences were not statistically significant ($P>0.05$). The content of total amino acid (TAA) and the content of delicious amino acids (DAA) in the muscles were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$). The essential amino acid index (EAAI) reached 84.71%±0.86%, which was higher than that of the control group, but the difference was not significant ($P>0.05$). The content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in the muscle was 27.63%±0.63%, the content of highly unsaturated fatty acids (HUFA) was 12.79%±0.50%, the content of $\sum n-3$ PUFA was 13.21%±0.44%, and the content of EPA+DHA was 11.70%±0.49%, all of which were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$). The content of $\sum n-6$ PUFA was 13.82%±0.95%, which was significantly lower than that of the control group ($P<0.05$). [Conclusion] Improvement in the quality of *L. crocea* by carrying out population selection of *L. crocea* for the composite multiple traits of body size, body colour and fast growth rate increased TAA, DAA, PUFA, HUFA, $\sum n-3$ PUFA and EPA+DHA contents in the muscles.

Key words: *Larimichthys crocea*; breeding offspring F₃; muscular nutrition