

红树林下人工笼养中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*) 肌肉营养成分的分析与评价*

李元跃^{1,2} 李容伟^{1,2} 陈融斌^{1,2} 陈政强^{1,2} 林沛然^{1,2} 肖震^{1,2} 王秋荣^{1,2}①

(1. 集美大学水产学院 福建厦门 361021; 2. 福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室 福建厦门 361021)

摘要 红树林因其独特的生长环境,具有重要的生态、经济和社会意义。中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*)是我国优良的养殖品种。为提高红树林的生态与经济效益,对红树林下中华乌塘鳢铁笼养殖技术进行研究探讨,并分析比较红树林下养殖鱼、光滩笼养鱼与野生鱼肌肉的营养成分。结果显示:以上各组鱼体的粗蛋白含量均较高(74.65%~83.08%),粗脂肪含量较低(0.89%~1.63%),其中红树林下养殖鱼的粗蛋白和粗脂肪含量分别高于光滩养殖鱼;各组实验鱼的氨基酸总量(71.72%~79.27%)、鲜味氨基酸总量(29.03%~30.92%)、必需氨基酸总量(27.47%~31.57%)、非必需氨基酸总量(44.25%~47.69%)均以野生鱼为最高,光滩投饵组最低,红树林下养殖组高于光滩养殖组;各组实验鱼肌肉必需氨基酸指数 EAAI 均较高(66.83~74.90),限制性氨基酸为缬氨酸、异亮氨酸和(蛋+胱)氨酸,支链氨基酸总量/芳香族氨基酸总量(F值)为2.17~2.22;红树林下养殖鱼肌肉中的n-3系列多不饱和脂肪酸含量和(EPA+DHA)含量均分别高于光滩养殖鱼,红树林下养殖的中华乌塘鳢肌肉脂肪酸组成比光滩养殖鱼具有更高的营养价值。

关键词 红树林; 中华乌塘鳢; 肌肉营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号 Q954; Q956; S965 doi: 10.11693/hyhz20211200330

红树林是热带与亚热带海岸潮间带滩涂上生长的木本植物群落,这类植物生长环境独特,在海水回涨时,红树林植物被海水浸没或者部分树冠露出水面,因此红树林被广泛的称为“海上森林”或者“海底森林”(王文卿等, 2007)。红树林具有重要的生态、经济和社会意义(林鹏, 1997; 陈杰, 2016),但是由于红树林的生态位与渔民的滩涂使用之间存在冲突,因此,开展红树林下养殖研究,在进行红树林保护的同时也给当地渔民带来经济收入,可以有效地解决红树林保护与渔民滩涂利用之间的矛盾,并大幅度地提高红树林的生态与经济效益。

中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*)属于硬骨鱼纲、鲈形目、虾虎鱼亚目、塘鳢科、乌塘鳢属(王军等, 2008),俗称乌鱼、蟹虎、虾虎。中华乌塘鳢广泛分布于热带和亚热带的浅海、内湾和河口咸淡水水域,具有营养

丰富、肉味鲜美、生长速度快、抗逆能力强的特点,是人工养殖的优良品种(郑守专, 2012)。中华乌塘鳢的人工育苗技术在 1985 年取得突破(陈兴乾等, 1985),随后人工养殖得到快速发展。我国福建、浙江、广东及广西沿海地区均有养殖,养殖方式主要为土池养殖(林玉坤, 2002; 洪万树等, 2016)。陈康等(2017)研究红树林种植-养殖耦合系统中中华乌塘鳢养殖效果,结果表明系统水质有所改善,中华乌塘鳢的生长优于对照组。然而,红树林系统养殖的中华乌塘鳢肌肉营养成分如何尚未可知。

本研究采用铁笼在红树林下对中华乌塘鳢进行养殖试验,对其养殖性状及肌肉品质进行分析研究,并与野生鱼、池塘养殖鱼及同一潮位光滩养殖的中华乌塘鳢相关指标进行比较,为红树林下养殖中华乌塘鳢提供参考依据。

* 福建省产学研合作重大项目, 2021Y4013 号。李元跃, 博士, 教授, E-mail: yuanyueli@163.com

通信作者: 王秋荣, 硕士生导师, 副教授, E-mail: wqiurong@126.com

收稿日期: 2021-12-16, 收修改稿日期: 2022-01-26

1 材料与方 法

1.1 实验样地

红树林样地位于福建省泉州湾内湾(24°47'37"~25°01'30"N, 118°37'45"~118°42'44"E 之间), 北界起自福昆线洛阳桥闸, 南界止于后渚大桥, 东、西界为洛阳江堤岸(刘荣成, 2010)。区内潮汐属正规半日潮, 平均潮差 4.27 m, 最大潮差达 6.68 m; 盐度变化范围为 3.5~28.9, 适宜红树林生长; 本区属南亚热带海洋季风气候, 月平均气温 20.4 °C, 1~2 月平均气温最低为 11.9 °C, 年均降水量为 1095.4 mm, 主要集中于夏季; 主要底质类型为黏土质粉砂(林俊辉等, 2016)。保护区原有原生红树林 17.13 hm², 目前已恢复种植大约 400 hm², 是福建省现存面积最大的连片乡土树种人工红树林(陈若海等, 2017), 现生长着 4 种红树植物, 分别是桐花树 *Aegiceras corniculatum*、秋茄 *Kandelia candel*、白骨壤 *Avicennia marina* 和老鼠簕 *Acanthus ilicifolius*, 以桐花树和秋茄为主。

养殖实验样地选择在红树林保护区外围区(24°54'28"N, 118°39'12"E, 表 1)的人工秋茄纯林, 四年生, 株高平均约 1.6 m, 面积约 0.27 hm², 已完全郁闭。

表 1 实验样地位置

Tab.1 Experimental plot location

样地名称	福建省泉州湾内湾
经度	118°37'45"~118°42'44"E
纬度	24°47'37"~25°01'30"N

1.2 实验鱼苗

实验用中华乌塘鳢(*Bostrychus sinensis*)苗种均购于福建省东山县杏陈镇中华乌塘鳢种苗场。选择体格健壮、活力强、个体大小相近, 平均体重为(10.50±2.55) g 左右的鱼苗。

1.3 养殖设施

养殖用铁笼规格大小为 1 m×0.4 m×0.8 m, 其设计图和铁笼实物图如图 1 和图 2 所示。开口设置于铁笼的顶部, 以钢管作为铁笼的支架, 铁笼的墙面采用网眼宽为 1 cm, 长为 2 cm, 长边 midpoint 向内凹陷的铁网, 笼的顶部采用钢板覆盖。铁笼的对角线设置 4 个钢圈以固定铁笼, 以防风浪。

1.4 实验饲料

实验用饲料系采用市售鳗鱼粉状饲料(粗蛋白 46.7%、粗脂肪 4.2%、粗灰分 16.3%)和虾苗料(粗蛋白 43.5%、粗脂肪 6.2%、粗灰分 12.6%)以 7 : 3 比例加水混合调成的黏稠状饲料。

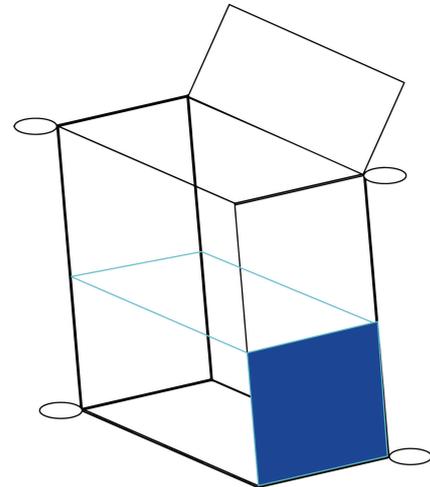


图 1 铁笼设计图

Fig.1 The design of the cage



图 2 铁笼实物图

Fig.2 The picture of the cage

1.5 实验设计与管理

实验共设置 4 个实验组, 分别为红树林下不投饵组、红树林下投饵组、光滩不投饵组和光滩投饵组, 每个实验组设 3 个重复。每个重复(铁笼)放养平均体重(10.50±2.55) g 中华乌塘鳢苗 10 尾, 铁笼埋于滩涂淤泥下 30~40 cm, 笼内淤泥可供中华乌塘鳢筑穴栖息。在光滩区, 铁笼规则分布, 笼与笼的间距为 60~80 cm (如图 3 所示); 在红树林下区, 铁笼放置位置要求不影响到秋茄的自然生长(如图 4 所示)。光滩养殖和红树林下养殖的铁笼放置的位置在同一潮位。

养殖周期为 60 d, 投饵组每 2 天投饵 1 次, 投饵时间选择在靠近傍晚的涨潮期前 1 h, 投饵量为体重的 5%~10%, 根据水温、水质及摄食情况进行调整,



图3 光滩现场图

Fig.3 The spot map of the intertidal zone where Mangrove not planted



图4 红树林下现场图

Fig.4 The spot map of the intertidal zone where has Mangrove

投喂 40~60 min 后基本能摄食完为好。小潮期(农历每月的初六至初十, 十六至二十)不投饵。实验期间海区水温 15~35 °C, 海水盐度 10~18。

1.6 样品采集方法

养殖实验结束时, 进行实验鱼存活计数, 并进行体重、体长测定, 然后用解剖刀去掉表皮, 取身体两侧肌肉分装于塑料封口袋, 同时购买同一海区渔民捕获的野生鱼(平均体重 12.5 g, 平均体长 10.3 cm)取肌肉样品, 全部用干冰冷冻带回实验室存于-20 °C 冰箱中供日后化学分析。

1.7 肌肉营养成分检测与评价方法

(1) 肌肉常规营养成分测定: 肌肉粗蛋白采用凯氏定氮法测定(总 N×6.25) (GB 5009.5-2016)(国家卫生和计划生育委员会等, 2017c); 肌肉粗脂肪用索氏提取法测定(GBT 6433-2006)(中华人民共和国国家质

量监督检验检疫总局等, 2006); 水分(GB 5009.3-2016) (中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2017) 和粗灰分(GB/T 5009.4-2003)(中华人民共和国卫生部等, 2004)分别采用烘箱(105°C)干燥法和马福炉 550 °C 高温灰化法进行测定。

(2) 肌肉脂肪酸测定: 参照国家标准食品中脂肪酸的测定方法进行测定(GB 5009.168-2016) (国家卫生和计划生育委员会等, 2017b), 样品中的脂肪用乙醚、石油醚混合溶剂提取后经 2%氢氧化钠-甲醇溶液皂化和 15%三氟化硼-甲醇溶液甲酯化后用正庚烷萃取上清液, 加入适量的无水硫酸钠除去上清液中的水分, 然后采用气相色谱仪对提取液进行脂肪酸测定, 用面积归一法进行定量计算。

(3) 肌肉氨基酸测定: 参照国家标准食品中氨基酸的测定的方法来测定肌肉氨基酸含量(GB 5009.124-2016) (国家卫生和计划生育委员会等, 2017a), 样品经 6 mol/L 的 HCl 水解后用日立 L-8800 氨基酸自动分析仪进行测定。

(4) 肌肉营养品质评价方法: 肌肉氨基酸评分(AAS)采用联合国粮食及农业组织和世界卫生组织推荐的氨基酸评分标准模式(% , dry) (World Health Organization *et al*, 1973), 计算公式如下:

$$AAS = \frac{aa}{AA_{(FAO\&WHO)}} \times 100\%, \quad (1)$$

式中, aa 为氨基酸评分模式所需的氨基酸对应的样品中氨基酸含量(%); $AA_{(FAO/WHO)}$ 为联合国粮食及农业组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)共同推荐的评分标准模式中同种氨基酸含量(%)。

肌肉氨基酸化学评分(CS)采用全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(% , dry) (桥本芳郎, 1980), 计算公式如下:

$$CS = \frac{aa}{AA(egg)} \times 100\%, \quad (2)$$

式中, aa 为氨基酸化学评分所需的氨基酸对应的样品中氨基酸含量(%); AA(egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%)。

必需氨基酸指数(EAAI)(庄平等, 2008): 按下式进行计算:

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{Lys^t \times Leu^t, \dots, Val^t}{Lys^s \times Leu^s, \dots, Val^s}} \times 100\%, \quad (3)$$

式中, AA(egg)为全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(%); n 为比较的必需氨基酸个数; t 为样品蛋白质的氨基酸含量; s 为鸡蛋蛋白质的氨基酸含量。

支链氨基酸与芳香族氨基酸含量的比值 F 。按下式计算(施永海等, 2013):

$$F = \frac{\text{Val} + \text{Leu} + \text{Ile}}{\text{Phe} + \text{Tyr}}, \quad (4)$$

式中, Val 为缬氨酸; Leu 为亮氨酸; Ile 为异亮氨酸; Phe 为苯丙氨酸; Tyr 为酪氨酸。

1.8 数据统计

实验数据采用 SPSS 21.0 软件进行统计分析, 采用单因素方差分析 S-N-K 法进行检验比较($P < 0.05$ 为差异显著), 采用 Prism6.0 制图。

2 结果与分析

2.1 中华乌塘鳢的生长与成活率

各组中华乌塘鳢的生长与成活率结果见表 2。由表可知, 红树林下投饵组中华乌塘鳢的生长最快, 其增重率显著高于其他组, 其次是红树林下不投饵组、光滩投饵组, 光滩不投饵组实验鱼生长最差。红树林下养殖组中华乌塘鳢其增重率显著高于光滩养殖组; 但光滩不投饵组中华乌塘鳢成活率显著低于其他组($P < 0.05$)。

表 2 各实验组中华乌塘鳢的生长与成活率结果
Tab.2 Effects of different culture conditions on *B. sinensis* breeding traits

项目	组别			
	红树林林下投饵组	红树林林下不投饵组	光滩投饵组	光滩不投饵组
初始均重/g	10.50±2.55	10.50±2.55	10.50±2.55	10.50±2.55
初始均体长/cm	8.52±0.59	8.52±0.59	8.52±0.59	8.52±0.59
终末均重/g	16.22±5.23 ^a	13.59±3.13 ^{ab}	11.59±2.63 ^b	10.71±2.60 ^b
终末均体长/cm	10.72±1.09 ^a	10.35±0.68 ^a	10.05±0.68 ^{ab}	9.48±0.52 ^b
增重率/%	55.82±4.36 ^a	20.81±6.53 ^b	10.17±2.81 ^c	1.65±0.86 ^d
成活率/%	35.01±3.00 ^a	32.50±2.50 ^a	35.00±1.00 ^a	22.50±1.71 ^b

注: 同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同

2.2 中华乌塘鳢肌肉的常规营养组成

不同实验组及野生组中华乌塘鳢肌肉的营养组成如表 3 所示。从表 3 可知, 各组中华乌塘鳢肌肉中的水分含量均较高, 在 76.27%~80.67%之间。各组间不存在显著差异($P > 0.05$)。肌肉粗灰分含量以光滩不投饵组为最高(19.64%), 其次分别是红树林林下不投饵组(16.53%)、光滩投饵组(15.27%)、野生组(14.73%), 红树林下投饵组最低(11.07%); 肌肉粗蛋白含量以野

生鱼最高, 为 83.08%, 显著高于养殖鱼($P < 0.05$), 其次分别为红树林下不投饵组(82.37%)、红树林下投饵组(81.63%), 均显著高于光滩不投饵组(78.96%)和光滩投饵组(74.65%)。中华乌塘鳢肌肉粗脂肪含量均较低($< 2\%$), 其中红树林下投饵组最高(1.63%), 野生鱼次之(1.55%), 红树林下不投饵组(1.31%)高于光滩投饵组(0.89%)和光滩不投饵组(1.24%), 各组之间均存在显著差异($P < 0.05$)。

表 3 各实验组中华乌塘鳢肌肉的营养组成(%干重, mean±SD, $n=3$)
Tab.3 The muscle proximate composition of *B. sinensis* in different experimental group (dry weight %, mean±SD, $n=3$)

组别	水分	粗灰分	粗蛋白质	粗脂肪
野生组	76.64±0.62	14.73±0.02 ^b	83.08±0.00 ^a	1.55±0.00 ^b
红树林下不投饵组	80.67±0.44	16.53±0.01 ^b	82.37±0.00 ^b	1.31±0.00 ^c
红树林下投饵组	76.27±2.81	11.07±0.02 ^c	81.63±0.00 ^c	1.63±0.00 ^a
光滩不投饵组	78.84±1.47	19.64±0.01 ^a	78.96±0.00 ^d	1.24±0.00 ^d
光滩投饵组	76.98±0.74	15.27±0.01 ^b	74.65±0.00 ^e	0.89±0.00 ^e

注: 同列数据上标字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

2.3 中华乌塘鳢肌肉氨基酸组成

各实验组中华乌塘鳢肌肉氨基酸组成见表 4。除色氨酸水解时被破坏外, 一共检测出 17 种氨基酸。由表 4 可知, 光滩投饵组氨基酸总量(71.72%)最低,

红树林下不投饵组氨基酸总量(78.01%)与野生鱼(79.27%)接近, 红树林下投饵组显著高于光滩投饵组($P < 0.05$), 红树林下不投饵组显著高于光滩不投饵组($P < 0.05$)。必需氨基酸总量野生组(31.57%)显著高于

表 4 中华乌塘鳢肌肉氨基酸组成(% , mean±SD, n=3)

Tab.4 The muscle amino acids composition of *B. sinensis* in different experimental groups (% , mean±SD, n=3)

氨基酸	野生组	红树林林下不投饵组	红树林林下投饵组	光滩不投饵组	光滩投饵组
天冬氨酸*	8.53±0.03 ^a	8.43±0.02 ^b	8.23±0.01 ^c	8.13±0.03 ^d	7.56±0.03 ^c
谷氨酸*	13.31±0.09 ^a	13.03±0.05 ^b	12.84±0.05 ^c	12.76±0.01 ^c	12.06±0.08 ^d
甘氨酸*	4.05±0.02 ^c	4.28±0.04 ^b	4.21±0.05 ^b	4.23±0.05 ^b	4.50±0.03 ^a
丙氨酸*	5.02±0.04 ^a	5.05±0.06 ^a	5.00±0.08 ^a	4.97±0.07 ^b	4.92±0.04 ^b
苏氨酸 [☆]	3.78±0.02 ^a	3.71±0.01 ^b	3.64±0.01 ^c	3.61±0.00 ^c	3.27±0.03 ^d
缬氨酸 [☆]	3.85±0.02 ^a	3.74±0.02 ^b	3.68±0.03 ^c	3.68±0.03 ^c	3.54±0.01 ^d
蛋氨酸 [☆]	2.48±0.02 ^a	2.37±0.01 ^b	2.36±0.01 ^b	2.34±0.02 ^b	2.17±0.01 ^c
异亮氨酸 [☆]	3.53±0.01 ^a	3.43±0.03 ^b	3.35±0.01 ^c	3.35±0.01 ^c	3.19±0.01 ^d
亮氨酸 [☆]	6.56±0.02 ^a	6.39±0.02 ^b	6.22±0.02 ^c	6.21±0.01 ^c	5.82±0.02 ^d
苯丙氨酸 [☆]	3.56±0.01 ^a	3.46±0.01 ^b	3.35±0.01 ^d	3.37±0.01 ^c	3.20±0.01 ^c
赖氨酸 [☆]	7.81±0.05 ^a	7.58±0.03 ^b	7.41±0.03 ^c	7.25±0.01 ^d	6.28±0.04 ^e
组氨酸	1.86±0.01 ^a	1.71±0.01 ^c	1.74±0.01 ^b	1.72±0.01 ^c	1.54±0.01 ^d
精氨酸	5.05±0.06 ^a	5.07±0.04 ^a	4.96±0.04 ^b	4.86±0.04 ^c	4.28±0.05 ^d
酪氨酸	2.85±0.06 ^a	2.75±0.02 ^b	2.63±0.04 ^c	2.69±0.02 ^{cd}	2.46±0.02 ^d
丝氨酸	3.48±0.02 ^a	3.44±0.01 ^b	3.36±0.01 ^c	3.33±0.01 ^d	3.06±0.01 ^e
胱氨酸	0.65±0.01 ^b	0.58±0.01 ^d	0.62±0.02 ^c	0.64±0.02 ^{bc}	0.70±0.02 ^a
脯氨酸	2.88±0.06 ^b	3.00±0.05 ^b	2.97±0.06 ^b	2.91±0.09 ^b	3.19±0.08 ^a
氨基酸总量	79.27±0.21 ^a	78.01±0.22 ^b	76.56±0.17 ^c	76.05±0.11 ^d	71.72±0.29 ^e
必需氨基酸总量	31.57±0.07 ^a	30.65±0.09 ^b	30.00±0.05 ^b	29.80±0.05 ^c	27.47±0.11 ^d
非必需氨基酸总量	47.69±0.13 ^a	47.36±0.14 ^b	46.56±0.13 ^c	46.24±0.06 ^d	44.25±0.19 ^e
鲜味氨基酸总量	30.92±0.05 ^a	30.80±0.09 ^a	30.28±0.13 ^b	30.10±0.14 ^c	29.03±0.04 ^d

注: *表示鲜味氨基酸; [☆]表示人体必需氨基酸; 同行数据上标字母不同表示差异显著($P<0.05$)

红树林组和光滩组($P<0.05$), 红树林组显著高于光滩组($P<0.05$)。中华乌塘鳢肌肉中非必需氨基酸总量野生组(47.69%)最高, 光滩投饵组(44.25%)最低, 红树林林下投饵组显著高于光滩投饵组($P<0.05$), 红树林林下不投饵组显著高于光滩不投饵组($P<0.05$)。野生组中华乌塘鳢肌肉中鲜味氨基酸总量(30.92%)最高, 光滩投饵组(29.30%)最低, 红树林林下不投饵组(30.80%)与野生组(30.92%)接近, 红树林林下投饵组显著高于光滩投饵组($P<0.05$), 红树林林下不投饵组显著高于光滩不投饵组($P<0.05$)。

以上研究结果表明, 中华乌塘鳢肌肉中氨基酸总量、必需氨基酸总量、非必需氨基酸总量、鲜味氨基酸总量均以野生组为最高, 光滩投饵组最低, 红树林下投饵组与不投饵组分别高于光滩投饵组与不投饵组。

2.4 中华乌塘鳢肌肉氨基酸评分及 F 值

将表 4 中的 9 种氨基酸含量换算成每克氮中含氨基酸毫克数(氨基酸数据 $\times 0.625$)后, 与联合国粮食及农业组织和世界卫生组织共同推荐的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较, 计算出中华乌塘鳢肌肉的 AAS、CS 和 EAAI, 并通过

F 值的计算公式算出 F 值, 分别见表 5、表 6 和表 7。从氨基酸的 AAS 评分中可知, 野生组、红树林林下投饵组、光滩不投饵组中华乌塘鳢肌肉的第一限制性氨基酸为缬氨酸、第二限制性氨基酸为异亮氨酸; 红树林林下不投饵组中华乌塘鳢肌肉的第一限制性氨基酸为缬氨酸, 第二限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸; 光滩投饵组的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸。从氨基酸的 CS 评分中可知, 中华乌塘鳢肌肉的第一

表 5 中华乌塘鳢肌肉的氨基酸评分(AAS)

Tab.5 The amino acids score (AAS) of *B. sinensis* muscle

AAS	野生组	红树林林下不投饵组	红树林林下投饵组	光滩不投饵组	光滩投饵组
苏氨酸	0.95	0.93	0.91	0.90	1.02
缬氨酸	0.78	0.75	0.74	0.74	1.01
异亮氨酸	0.88	0.86	0.84	0.84	1.02
亮氨酸	0.93	0.91	0.88	0.88	1.03
赖氨酸	1.44	1.39	1.36	1.33	1.02
蛋氨酸+胱氨酸	0.89	0.84	0.85	0.85	0.99
苯丙氨酸+酪氨酸	1.05	1.02	0.98	1.00	1.04

表 6 中华乌塘鳢的肌肉 CS 评分
Tab.6 The chemical score (CS) of *B. sinensis* muscle

CS	野生组	红树林林下 不投饵组	红树林林 下投饵组	光滩不 投饵组	光滩投 饵组
苏氨酸	0.81	0.79	0.78	0.77	0.70
缬氨酸	0.59	0.57	0.56	0.56	0.54
异亮氨酸	0.67	0.65	0.63	0.63	0.60
亮氨酸	0.77	0.75	0.73	0.73	0.68
赖氨酸	1.11	1.07	1.05	1.03	0.89
蛋氨酸+胱 氨酸	0.51	0.48	0.48	0.48	0.46
苯丙氨酸+ 酪氨酸	0.71	0.69	0.66	0.67	0.63

表 7 中华乌塘鳢肌肉必需氨基酸指数和 F 值
Tab.7 The muscle amino acid index and F -value of *B. sinensis*

指数和 F 值	野生组	红树林林下 不投饵组	红树林林 下投饵组	光滩不投 饵组	光滩投 饵组
EAAI/%	74.90	72.67	71.3	71.15	66.83
F 值	2.17	2.18	2.21	2.18	2.22

限制性氨基酸和第二限制性氨基酸分别为蛋氨酸+胱氨酸和缬氨酸。由表 7 可知: 氨基酸指数(EAAI)大小依次为: 野生组(74.9%)>红树林下不投饵组

(72.67%)>红树林下投饵组(71.3%)>光滩不投饵组(71.15%)>光滩投饵组(66.83%); 支链氨基酸和芳香族氨基酸的比值(F 值)大小依次为: 光滩投饵组(2.22)>林下投饵组(2.21)>林下不投饵组和光滩不投饵组(2.18)>野生组(2.17)。

2.5 中华乌塘鳢肌肉脂肪酸组成

各组实验鱼肌肉脂肪酸组成测定结果见表 8。由表可知: 除了光滩投饵组 20:1 和 20:2 未检测到以外, 共检测到 5 种饱和脂肪酸(14:0、16:0、18:0、20:0、22:0), 3 种单不饱和脂肪酸, 6 种多不饱和脂肪酸。各组鱼肌肉饱和脂肪酸总量高低顺序为: 光滩投饵组(41.03%)>野生组(40.06%)>光滩不投饵组(39.70%)>林下不投饵组(35.61%)>林下投饵组(34.30%)。3 种单不饱和脂肪酸分别为 16:1、18:1、20:1 (光滩投饵除外), 各组肌肉单不饱和脂肪酸总量高低顺序为: 林下投饵组(19.97%)>光滩不投饵组(19.67%)>野生组(18.26%)>光滩投饵组(15.04%)>林下不投饵组(14.35%)。多不饱和脂肪酸主要有 n-3 系列的 18:3、20:5 (EPA)、22:6 (DHA), n-6 系列的 18:2、20:2 (除光滩投饵组外)、20:4。多不饱和脂肪酸含量高低顺序为: 林下不投饵组(29.24%)>林

表 8 各实验组中华乌塘鳢的肌肉脂肪酸组成(% , mean±SD, n=4)
Tab.8 The muscle fatty acid composition of *B. sinensis* in different experimental groups (% , mean±SD, n=4)

脂肪酸种类	野生组	红树林林下不投饵组	红树林林下投饵组	光滩不投饵组	光滩投饵组
14:0	1.97±0.12 ^a	0.67±0.06 ^c	1.63±0.06 ^b	2.00±0.10 ^a	0.70±0.30 ^c
16:0	22.43±0.06 ^a	18.17±0.06 ^c	19.97±0.12 ^c	21.97±0.12 ^b	18.53±0.12 ^d
18:0	12.13±0.12 ^c	12.67±0.35 ^b	10.07±0.06 ^d	11.80±0.10 ^c	14.33±0.15 ^a
20:0	2.57±0.15 ^b	3.23±0.60 ^b	1.47±0.21 ^c	2.80±0.20 ^b	6.40±0.26 ^a
22:0	0.90±0.20 ^a	0.80±0.20 ^a	1.10±0.10 ^a	1.10±0.10 ^a	1.10±0.00 ^a
16:1	5.77±0.21 ^a	2.50±0.00 ^c	5.77±0.06 ^a	3.93±0.06 ^b	2.23±0.15 ^d
18:1	11.87±0.25 ^d	11.67±0.06 ^d	13.67±0.15 ^b	15.30±0.30 ^a	12.83±0.59 ^c
20:1	0.63±0.06 ^a	0.20±0.00 ^c	0.50±0.00 ^b	0.43±0.06 ^b	—
18:2 (LA)	4.17±0.15 ^d	5.97±0.21 ^b	8.93±0.12 ^a	8.87±0.25 ^a	4.70±0.20 ^c
18:3 (ALA)	0.70±0.00 ^c	0.83±0.06 ^b	1.50±0.00 ^a	0.73±0.06 ^c	0.47±0.06 ^d
20:2	0.87±0.15 ^a	0.60±0.10 ^{ab}	0.50±0.00 ^b	0.40±0.00 ^b	—
20:4	4.43±0.60 ^c	10.00±0.46 ^a	6.00±0.10 ^b	4.67±0.06 ^c	6.33±0.45 ^b
20:5 (EPA)	5.33±0.06 ^a	5.67±0.15 ^a	4.63±0.06 ^b	4.77±0.12 ^b	4.57±0.21 ^b
22:6 (DHA)	5.47±0.45 ^b	6.10±0.20 ^a	5.60±0.00 ^b	5.40±0.00 ^b	3.23±0.21 ^c
SFA	40.06±0.10 ^b	35.61±1.12 ^c	34.30±0.20 ^d	39.70±0.11 ^b	41.03±0.25 ^a
MUFA	18.26±0.03 ^c	14.35±0.08 ^c	19.97±0.20 ^a	19.67±0.28 ^b	15.04±0.70 ^d
PUFA	20.98±1.28 ^d	29.24±0.77 ^a	27.21±0.33 ^b	24.86±0.17 ^c	19.33±0.60 ^c
EPA+DHA	10.79±0.37 ^b	11.79±0.07 ^a	10.24±0.08 ^c	10.14±0.10 ^c	7.81±0.04 ^d
n-6/n-3	0.82±0.05 ^b	1.31±0.05 ^a	1.32±0.01 ^a	1.29±0.03 ^a	1.34±0.10 ^a

注: (1) SFA: 饱和脂肪酸; MUFA: 单不饱和脂肪酸; PUFA: 多不饱和脂肪酸; EPA: 二十二碳五烯酸; DHA: 二十二碳六烯酸; n-6/n-3: n-6 系列不饱和脂肪酸与 n-3 系列不饱和脂肪酸的比值。同行数据上标字母不同表示差异显著($P<0.05$)。 (2) “—”表示未检出

下投饵组(27.21%)>光滩不投饵组(24.86%)>野生组(20.98%)>光滩投饵组(19.33%)。中华乌塘鳢肌肉多不饱和脂肪酸中EPA+DHA的含量高低顺序为:林下不投饵组(11.79%)>野生组(10.79%)>林下投饵组(10.24%)>光滩不投饵组(10.14%)>光滩投饵组(7.81%)。肌肉中(n-6/n-3)比值大小顺序为:光滩投饵组(1.34)>林下投饵组(1.32)>林下不投饵组(1.31)>光滩不投饵组(1.29)>野生组(0.82)。

3 讨论

3.1 各实验组中华乌塘鳢生长及成活率比较分析

本研究红树林下养殖组中华乌塘鳢的增重率显著高于光滩养殖组,光滩不投饵组中华乌塘鳢成活率显著低于其他组($P<0.05$),这可能与红树林下和光滩区水温、光照强度和饵料丰富度有关。中华乌塘鳢在水温 8°C 以下开始出现行动呆滞,在 31°C 以上出现反应迟钝(竺俊全等,2000)。本次实验期间正值炎热夏季,光滩的温度变化较大,容易使中华乌塘鳢产生应激反应影响其正常生长,而红树林下因其繁密的枝叶遮挡住炙热阳光的直射,水温变化较小,在其正常生长的适宜范围内,有利于中华乌塘鳢的生长。鱼类的摄食行为通常受到光照强度的影响,主要体现在正趋光性、负趋光性和无趋光性。中华乌塘鳢是穴居鱼类,喜夜间觅食,其摄食强度与光强呈负相关,红树林的枝叶可遮挡阳光,使红树林下的光照强度弱于光滩,可能导致红树林下的中华乌塘鳢摄食强度大于光滩,长势优于光滩,这与对革胡子鲶(*Clarias leather*)的研究结果一致,遮光组的革胡子鲶生长速度优于无遮光组(Hossain *et al.*, 1998)。饵料是鱼类生长的重要物质基础,本次实验结果显示红树林下养殖中华乌塘鳢的长势优于光滩,这可能与红树林下中华乌塘鳢的天然饵料比较丰富有关。

3.2 各实验组中华乌塘鳢肌肉常规营养成分的比较分析

鱼肉的一般营养成分主要包括水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白。其中粗脂肪和粗蛋白的含量是评价鱼肉营养价值两个最主要的指标(吕耀平等,2007)。鱼肉的营养成分受其自身的生长环境和饵料因素影响,有研究结果显示海水养殖的花鲈肌肉蛋白含量比淡水养殖高、脂肪含量则较低(莫兆莉,2015);毕香梅等(2011)采用青草和人工配合饲料分别饲养草鱼,发现草鱼的肌肉粗脂肪、粗蛋白含量受饵料显著影响,投喂青草的草鱼肌肉中粗蛋白和粗脂肪含量比投喂配

合饲料的要高。本研究结果显示,不同生长条件对中华乌塘鳢肌肉的常规营养成分存在一定影响,野生鱼肌肉的粗蛋白含量较高;红树林林下投饵组与不投饵组鱼体的粗蛋白、粗脂肪含量均分别高于光滩投饵组和光滩不投饵组。本研究结果中,野生组鱼体的粗脂肪含量高于红树林下不投饵组和光滩组,这可能是野生环境中天然饵料组成与丰度和红树林区不同有关(莫兆莉,2015)。红树林生态系统是世界上生产力较高的生态系统之一,由于其生物种类繁多,结构复杂,为林下鱼类提供丰富的饵料和良好的栖息场所(林鹏,1997)。本研究结果显示在红树林下养殖的两组实验鱼的肌肉粗蛋白和粗脂肪含量相对高于光滩养殖的两组,这说明红树林生态环境中饵料丰度和营养组成比光滩更优越。本研究的各组实验鱼肌肉粗蛋白含量在74.65%~86.15%之间,比真鲷(*Pagrosomus major*) (张纹等,2001) (粗蛋白66.80%)、黑鲷(*Sparus macrocephalus*) (张纹等,2001) (粗蛋白69.71%)粗蛋白高,粗脂肪含量均小于2%,表明中华乌塘鳢的肌肉蛋白质含量较高,脂肪含量较低,比较符合现阶段人类对健康食物的要求。

3.3 各实验组中华乌塘鳢肌肉中氨基酸组成比较分析

氨基酸是蛋白质的基本组成单位,评价鱼类肌肉蛋白质的营养价值不仅看蛋白质含量高低而且要考虑蛋白质的氨基酸组成是否平衡。本研究的不同生长环境下中华乌塘鳢肌肉氨基酸总量在71.72%~79.27%之间,野生鱼的氨基酸总量最高,光滩投饵组的氨基酸总量最低,红树林下养殖两组分别高于光滩养殖两组,且与野生鱼肌肉氨基酸总量较接近,各组实验鱼肌肉中的鲜味氨基酸总量在29.03%~30.92%之间,野生鱼肌肉鲜味氨基酸总量最高,光滩投饵组最低,红树林林下不投饵组鲜味氨基酸总量(30.80%)与野生组(30.92%)相当,红树林下养殖两组实验鱼分别高于光滩养殖两组的实验鱼,这可能与不同生长环境中饵料组成及营养成分差异有关。本研究的各组实验鱼肌肉中氨基酸含量较高的分别为谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、赖氨酸、精氨酸,这与养殖大黄鱼(*Larimichthys crocea*) (吴靖娜等,2013)、鳙(*Hypophthalmichthys nobilis*) (吴朝朝等,2015)、鳊(*Siniperca chuatsi*) (严安生等,1995)的研究结果均相似。野生中华乌塘鳢肌肉鲜味氨基酸总量比江鲢(*Lota lota*) (黄文等,2015)、乌鳢(*Ophiocephalus argus*) (赵立等,2015)、矛尾虾虎鱼(*Synechogobius hasta*) (罗智等,2008)、半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*) (马爱军

等, 2006)高, 其中谷氨酸含量最高, 天冬氨酸次之, 这与红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*) (于久翔等, 2016)、刀鲚(*Coilia ectenes*) (唐雪等, 2011)的组成类似。本研究实验鱼肌肉中谷氨酸和天冬氨酸含量以野生组为最高, 光滩投饵组最低, 红树林林下不投饵组仅次于野生组, 且差异较小。综上所述, 中华乌塘鳢肌肉的鲜味氨基酸含量较高, 口味鲜美, 其中红树林下养殖鱼肉质口感优于光滩养殖鱼。

各组实验鱼肌肉中必需氨基酸总量在 27.47%~31.57%之间, 野生组(31.57%)>红树林林下不投饵组(30.65%)>光滩投饵组(27.47%), 红树林下养殖两组显著高于光滩养殖两组($P<0.05$)。野生中华乌塘鳢肌肉必需氨基酸总量比野生矛尾虾虎鱼(罗智等, 2008)和半滑舌鲷(马爱军等, 2006)高。根据联合国粮食与农业组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)共同建议的必需氨基酸评分方法(AAS)进行计算得出, 光滩投饵组实验鱼肌肉第一限制性氨基酸为(蛋氨酸+胱氨酸), 其他组实验鱼的第一限制性氨基酸都是缬氨酸; 而第二限制性氨基酸比较不一致, 野生鱼组、红树林林下投饵组、光滩不投饵组鱼体肌肉的第二限制性氨基酸为异亮氨酸、红树林林下不投饵组的第二限制性氨基酸为(蛋氨酸+胱氨酸)。采用全鸡蛋蛋白质氨基酸评分模式计算出各组实验鱼氨基酸化学评分(CS)得出第一限制性氨基酸均为(蛋氨酸+胱氨酸), 第二限制性氨基酸为缬氨酸。缬氨酸和异亮氨酸均属于支链氨基酸, 也是人类的必需氨基酸, 二者可以治疗肝昏迷、肝硬化、创伤等的疾病(张彬彬等, 2022)。当人体的必需氨基酸摄入不足, 会导致人体内脏和大脑受损、免疫功能下降(王金娜等, 2013)。在中华乌塘鳢饲料中适当加入限制性氨基酸, 可提高其饲料的转化率, 促进生长, 提高抵抗力, 减少疾病。在两种评分模式中, 各组实验鱼肌肉的赖氨酸评分均较高, 说明实验鱼肌肉中赖氨酸含量已经超过联合国粮食与农业组织和世界卫生组织共同建议的赖氨酸水平。赖氨酸参与体内多种蛋白质的合成和能量代谢, 有促进矿物质吸收和骨骼肌增长, 增强免疫力等多项功能。如果摄入的赖氨酸不足, 将会影响身体的生长发育, 食用谷物中赖氨酸含量很低, 在肉类和豆类中含量较高(田颖等, 2014), 在我国人们主要以谷类为主食, 食用中华乌塘鳢可以弥补主食中赖氨酸不足的缺陷。

必需氨基酸指数(EAAI)是评价食品营养常用的指标(施永海等, 2015)。本研究各组中华乌塘鳢肌肉

的必需氨基酸指数在 66.83%~74.90%之间, 野生鱼最高, 光滩投饵组最低。这与乌鳢(赵立等, 2015)和刀鲚(唐雪等, 2011)的研究结果相类似。本研究各组实验鱼肌肉支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F 值)在 2.17~2.22 之间, 相差较小, 肌肉中支链氨基酸含量是芳香族氨基酸的 2 倍多。人类在身体正常的情况下支链氨基酸含量是芳香族氨基酸的 3~3.5 倍, 当肝脏受损时, 支链氨基酸含量是芳香族氨基酸的 1~1.5 倍(邴旭文等, 2006); 本研究的中华乌塘鳢肌肉的 F 值显著高于人体肝脏受损时体内 F 值的水平。因此, 食用中华乌塘鳢对肝脏受损患者具有良好的保健作用(施永海等, 2015)。

3.4 各实验组中华乌塘鳢肌肉脂肪酸组成的比较分析

本研究各组实验鱼肌肉饱和脂肪酸含量最高的是棕榈酸(16:0), 单不饱和脂肪酸中最高的是油酸(18:1), 其次是棕榈油酸(16:1)。有研究表明 16:1 和 18:0 的含量与肌肉风味分别呈正相关和负相关效应(Cameron *et al*, 1991), 从本研究结果看, 各组实验鱼肌肉的单不饱和脂肪酸中, 18:1 的含量最高, 在 11.67%~15.30%之间, 高于红鳍东方鲀(于久翔等, 2016)。红树林下组和光滩组的实验鱼与野生鱼相比, 肌肉中的 18:1 含量较高, 红树林林下投饵组高于光滩投饵组。已有大量研究证实, 单不饱和脂肪酸具有降低胆固醇的功效(朱路英等, 2007), 因此, 食用红树林下养殖中华乌塘鳢对降低人体胆固醇可能具有一定的功效。

研究表明 n-3 系列高度不饱和脂肪酸具有防治心血管疾病、抗癌、抗炎、促进神经系统和视觉系统的发育等多项生理功能(朱路英等, 2007), 本研究各组实验鱼肌肉中 n-3 系列高度不饱和脂肪酸(EPA+DHA)含量均较高, 在 7.81%~11.79%之间, 其中红树林下养殖组与光滩养殖组实验鱼肌肉中(EPA+DHA)含量与野生鱼较接近, 这与大黄鱼(徐继林等, 2005)和矛尾虾虎鱼(罗智等, 2008)的研究结果一致。红树林下养殖组实验鱼肌肉的(EPA+DHA)含量高于光滩养殖组, 且除了光滩投饵组外, 其他各组(EPA+DHA)含量均达到 10%以上, 比黄鳍鲷(*Sarus latus*) (黄亚冬等, 2015)、香鱼(*Plecoglossus altivelis*) (黄亚冬等, 2015)、鲮鱼(黄亚冬等, 2015)、养殖的花鲢(*Hemibarbus maculatus*) (陈建明等, 2007)含量高, 说明中华乌塘鳢的 EPA 和 DHA 含量较为丰富, 具有一定的保健功能。

n-6/n-3 比值是脂肪酸营养价值评价的一项重要指标, 本研究各组实验鱼肌肉中 n-6/n-3 比值在

0.82~1.34 之间,野生鱼的 n-6/n-3 比值较低,红树林下养殖和光滩养殖的实验鱼 n-6/n-3 比值接近 1.3 且差异不显著。世界卫生组织建议的 n-6/n-3 比值标准在 4~6(蒋瑜, 2016),说明各组实验鱼的 n-6/n-3 比值较低,针对这一点,今后可通过调整饲料中的 n-6 和 n-3 PUFA 的比例来改变肌肉中 n-6/n-3 比值。

4 结论

红树林下养殖组的中华乌塘鳢肌肉中粗蛋白和粗脂肪含量均高于光滩养殖,且与野生鱼较为接近。各组实验鱼均检测出 17 种氨基酸(除色氨酸外),均以谷氨酸的含量最高,野生组中华乌塘鳢肌肉的氨基酸总量、必需氨基酸总量、非必需氨基酸总量、鲜味氨基酸总量均最高,光滩投饵组最低,红树林下养殖组高于光滩养殖组;从肌肉 AAS、CS 评分可知,实验鱼肌肉中赖氨酸的评分较高,限制性氨基酸为缬氨酸、异亮氨酸和(蛋+胱)氨酸,肌肉的氨基酸指数(EAAI)评分较高,且支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F 值)高于人体肝脏受损时的 F 值,红树林下养殖中华乌塘鳢肌肉中的 n-3 PUFA 含量和(EPA+DHA)含量均高于光滩养殖鱼,说明中华乌塘鳢肌肉是一种优质蛋白源,且红树林下养殖中华乌塘鳢肌肉脂肪酸营养价值高于光滩养殖鱼。

参 考 文 献

于久翔,高小强,韩岑,等,2016.野生和养殖红鳍东方鲀营养品质的比较分析[J].动物营养学报,28(9):2987-2997.
 马爱军,刘新富,翟毓秀,等,2006.野生及人工养殖半滑舌鳎肌肉营养成分分析研究[J].海洋水产研究,27(2):49-54.
 王文卿,王瑁,2007.中国红树林[M].北京:科学出版社:10-15.
 王军,陈明茹,谢仰杰,2008.鱼类学[M].厦门:厦门大学出版社:20-28.
 王金娜,唐黎,刘科强,等,2013.人工养殖与野生鳙鱼肌肉营养成分的比较分析[J].河北渔业(2):8-14,16.
 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会,2004.食品中灰分的测定:GB/T 5009.4-2003[S].北京:中国标准出版社:1-9.
 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,2017.食品安全国家标准 食品中水分的测定:GB 5009.3-2016[S].北京:中国标准出版社:1-8.
 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,2006.饲料中粗脂肪的测定:GB/T 6433-2006[S].北京:中国标准出版社:1-10.
 田颖,时明慧,2014.赖氨酸生理功能的研究进展[J].美食研究,31(1):60-64.
 毕香梅,郁二蒙,王广军,等,2011.摄食青草和人工配合饲

料的草鱼肌肉营养成分分析及比较[J].广东农业科学,38(1):132-134.
 吕耀平,曹明富,姚子亮,等,2007.花鲢和唇鲢的含肉率及肌肉营养成分分析[J].水生生物学报,31(6):843-848.
 朱路英,张学成,宋晓金,等,2007.n-3 多不饱和脂肪酸DHA、EPA 研究进展[J].海洋科学,31(11):78-85.
 庄平,宋超,章龙珍,2008.长江口安氏白虾与日本沼虾营养成分比较[J].动物学报,54(5):822-829.
 刘荣成,2010.中国惠安洛阳江红树林[M].北京:中国林业出版社:5-8.
 严安生,熊传喜,钱健旺,等,1995.鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值价值的研究[J].华中农业大学学报,14(1):80-84.
 邢旭文,王进波,2006.池养南美蓝对虾与南美白对虾肌肉营养品质的比较[J].水生生物学报,30(4):453-458.
 吴朝朝,赵利,袁美兰,等,2015.红鲮鱼和黑鲮鱼肌肉营养成分的分析与比较[J].河南工业大学学报(自然科学版),36(2):83-88.
 吴婧娜,许永安,刘智禹,2013.养殖大黄鱼肌肉营养成分的分析及评价[J].营养学报,35(6):610-612.
 张纹,苏永全,王军,等,2001.5种常见养殖鱼类肌肉营养成分分析[J].海洋通报,20(4):26-31.
 张彬彬,赵瑜,胡义扬,2022.支链氨基酸在非酒精性脂肪性肝病中的作用机制研究进展[J].中西医结合肝病杂志,32(1):85-88.
 陈兴乾,梁海鸥,肖耀兴,等,1985.中华乌塘鳢人工育苗初报[J].热带海洋(1):88-89.
 陈若海,林伟东,黄磊,等,2017.泉州湾河口红树林湿地鸟类群落多样性分析[J].泉州师范学院学报,35(2):13-20.
 陈杰,2016.中国四个典型红树林区鱼类群落分类多样性分布格局研究[D].厦门:厦门大学.
 陈建明,叶金云,沈斌乾,等,2007.野生和池塘养殖花鲢肌肉营养组成的比较分析[J].上海水产大学学报,16(1):87-91.
 陈康,刘妮,唐以杰,等,2017.中华乌塘鳢红树林种植-养殖耦合系统养殖试验[J].广东第二师范学院学报,37(5):76-79.
 林玉坤,2002.中华乌塘鳢池塘养殖试验[J].中国水产(6):59-60.
 林俊辉,何雪宝,王建军,等,2016.福建洛阳江口红树林湿地大型底栖动物多样性及季节变化[J].生物多样性,24(7):791-801.
 林鹏,1997.中国红树林生态系[M].北京:科学出版社:1-342.
 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局,2017a.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:1-8.
 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局,2017b.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:1-24.
 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局,2017c.食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5-2016[S].北京:中国标准出版社.
 罗智,李晓东,白海娟,等,2008.野生和养殖矛尾复虾虎鱼营养组成和形态学的比较研究[J].上海水产大学学报,17(2):182-186.

- 竺俊全, 李明云, 何旭强, 等, 2000. 中华乌塘鳢对有关环境因子的耐受性及其生物学特性初步观察[J]. 海洋渔业(01): 10-13.
- 郑守专, 2012. 中华乌塘鳢池塘养殖技术[J]. 现代农业科技(18): 271-272.
- 赵立, 陈军, 赵春刚, 等, 2015. 野生和养殖乌塘鳢肌肉的成分分析及营养评价[J]. 现代食品科技, 31(9): 244-249.
- 施永海, 张根玉, 刘永士, 等, 2013. 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较[J]. 水产学报, 37(5): 768-776.
- 施永海, 张根玉, 张海明, 等, 2015. 河川沙塘鳢肌肉营养成分的分析和评价[J]. 食品科学, 36(4): 147-151.
- 洪万树, 何超贤, 陈仕玺, 等, 2016. 中华乌塘鳢生物学与养殖技术[M]. 厦门: 厦门大学出版社: 8-10.
- 莫兆莉, 2015. 中华乌塘鳢埋地埋管管网系统保育基础研究[D]. 南宁: 广西大学: 1-50.
- 徐继林, 朱芝峰, 严小军, 等, 2005. 养殖与野生大黄鱼肌肉脂肪酸组成的比较[J]. 营养学报, 27(3): 256-257, 260.
- 徐梅英, 陈云仙, 吴常文, 2010. 网箱养殖与野生黄姑鱼肌肉营养成分比较[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 29(4): 340-345.
- 唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等, 2011. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析[J]. 动物营养学报, 23(3): 514-520.
- 黄文, 盛竹梅, 于仕斌, 等, 2015. 人工养殖与野生江鳢肌肉营养成分比较分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 34(1): 36-39.
- 黄亚冬, 朱亚光, 吴刚, 2015. 半滑舌鲷机体营养研究进展[J]. 科学养鱼, 31(3): 75-76.
- 蒋瑜, 熊文珂, 殷俊玲, 等, 2016. 膳食中 ω -3和 ω -6多不饱和脂肪酸摄入与心血管健康的研究进展[J]. 粮食与油脂, 29(11): 1-5.
- 桥本芳郎, 1980. 养鱼饲料学[M]. 蔡完其, 译. 北京: 农业出版社: 1-115.
- CAMERON N D, ENSER M B, 1991. Fatty acid composition of lipid in *Longissimus dorsi* muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality [J]. Meat Science, 29(4): 295-307.
- HOSSAIN M A R, BEVERIDGE M C M, HAYLOR G S, 1998. The Effects of density, light and shelter on the growth and survival of African Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) fingerlings [J]. Aquaculture, 160(3/4): 251-258.
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1973. Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO Ad Hoc expert committee [R]. Geneva: WHO: 1-10.

ANALYSIS AND EVALUATION OF NUTRITIVE COMPOSITION OF MUSCLE OF CAGE CULTURED *BOSTRYCHUS SINENSIS* IN MANGROVES AREA

LI Yuan-Yue^{1,2}, LI Rong-Wei^{1,2}, CHEN Rong-Bin^{1,2}, CHEN Zheng-Qiang^{1,2},
LIN Pei-Ran^{1,2}, XIAO Zhen^{1,2}, WANG Qiu-Rong^{1,2}

(1. Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Key Laboratory of Marine Fishery Resources and Ecological Environment in Fujian Province, Xiamen 361021, China)

Abstract This study was conducted to analyze and evaluate the muscle nutritive compositions of cage-culture *Bostrychus sinensis* in mangroves area, and compared with those of wild, pond-culture and mudflat-cultured fishes. The results showed that the muscle of *B. sinensis* in all groups contain high protein but low lipid. The muscle protein and lipid contents of *B. sinensis* cultured in mangroves area were higher than that cultured in mudflat. The total amount of amino acids (71.72%~79.27%), delicious amino acids (29.03%~30.92%), essential amino acids (27.47%~31.57%) and non-essential amino acids (44.25%~47.69%) of fish muscle were the highest in wild fish and the lowest in mudflat-cultured fish, respectively, but fishes cultured in mangroves area were higher than those cultured in mudflat. The essential amino acid index (EAAI) of fish muscle in all groups were higher (66.83~74.90). The limiting amino acids were valine, isoleucine and (methionine+cystine). Total branched-chain amino acid/total aromatic amino acid (*F* value) were also high in all groups (2.17~2.22). The n-3 polyunsaturated fatty acids and high unsaturated fatty acids (EPA+DHA) of fishes cultured in mangroves area were higher than that of cultured in mudflat. In conclusion, the muscle nutritive value of *B. sinensis* was very high and the meat quality was better. Moreover, fishes cultured in mangroves area showed superior nutritive compositions to those of cultured in mudflat.

Key words mangrove; *Bostrychus sinensis*; nutritive compositions; amino acid; fatty acid