

doi: 10.7541/2018.068

不同年龄段养殖宽体沙鳅肌肉营养成分分析与评价

王永明 史晋绒 谢碧文 唐瑞 王涓 齐泽民

(内江师范学院生命科学学院, 长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室, 内江 641199)

摘要: 采用国家标准方法对1、2、3龄宽体沙鳅养殖群体的肌肉营养成分及品质进行了分析比较。结果显示: (1)各年龄组宽体沙鳅肌肉粗蛋白质和粗脂肪含量较高且随着年龄的增长呈增长趋势。其中, 粗蛋白在2龄和3龄组增长不显著($P>0.05$), 粗脂肪增长显著($P<0.05$)。 (2)各年龄组肌肉氨基酸组成相同, 均以鲜味特征氨基酸谷氨酸含量最高, 其次为天门冬氨酸; 第一限制性氨基酸均为缬氨酸; 支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F 值)分别为2.22、2.08和2.12。 (3)各年龄组宽体沙鳅脂肪酸在组成和含量上略有差异, 表现为不饱和脂肪酸含量高于饱和脂肪酸含量($P<0.05$); 不饱和脂肪酸中单不饱和脂肪酸含量较高($P<0.05$); 多不饱和脂肪酸(PUFA)在2龄组最高($P<0.05$)且EPA+DHA含量随年龄的增长递增($P<0.05$)。综上, 各年龄段宽体沙鳅肌肉营养丰富, 味道鲜美, 以2龄鱼体营养质量最优。

关键词: 宽体沙鳅; 肌肉; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸; 评价

中图分类号: S965.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2018)03-0542-08

随着我国水产养殖生产规模日益扩大, 集约化程度不断提高, 鱼种的需求量逐渐增加, 而高品质鱼种的培育是保证成功养殖生产的基础和关键。已有研究表明, 鱼体营养状况对于鱼种品质及营养价值具有重要的影响, 且鱼类不同发育阶段对营养物质的需求以及不同营养物质对其重要程度差异显著^[1]。

宽体沙鳅(*Sinibotia reevesae* Chang)隶属于鲤形目(Cypriniformes)鳅科(Cobitidae)沙鳅亚科(Botinae), 主要分布于长江干流及岷江、金沙江、沱江等水系的下游, 其肉质细嫩, 味道鲜美, 为长江上游特有及重要经济鱼类^[2]。近年来由于水利工程建设、过度捕捞及环境污染等因素的影响, 其野生资源量急剧下降, 市场需求旺盛, 人工养殖应运而生。通过本实验室对其多年基础生物学研究及养殖实验^[3-10], 宽体沙鳅的养殖技术已日趋成熟, 如何在养殖条件下保持其肌肉的优异性是亟待解决的问题, 截至目前尚无宽体沙鳅肌肉营养成分的相关研究。因此, 基于宽体沙鳅重要的生态价值、经济价值和养殖现状, 本文选取人工养殖条件下不同

年龄段宽体沙鳅肌肉, 对其营养成分、脂肪酸和氨基酸进行比较分析, 了解人工养殖条件下不同年龄段宽体沙鳅肌肉营养组成, 旨在为该鱼营养价值研究、种质标准建立、人工配合饵料的制备及产业化扩繁提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

2016年1月, 从长江上游鱼类资源保护与利用四川省重点实验室选取体质健壮, 健康无伤的人工养殖1、2、3龄宽体沙鳅各60尾。滤纸拭净鱼体表水分后, 测得鲜鱼体重和体长依次为1龄(2.48±0.42) g, (53.20±3.20) mm; 2龄(3.71±0.52) g, (63.40±3.40) mm, 3龄(5.26±0.92) g, (71.10±3.60) mm。实验鱼均在自然水温、自然光周期、鱼缸循环潜水泵冲水供氧条件下养殖, 每天8:00和18:00各投喂正大3081一次, 养殖水体溶氧>5 mg/L以上, 氨氮<0.02 mg/L。

1.2 样品处理

将各年龄组试验鱼随机分为3个平行组, 每组

收稿日期: 2017-05-18; 修订日期: 2017-07-16

基金项目: 四川省教育厅项目(15ZB0268); 四川省科技支撑项目(2011NZ0075)资助 [Supported by Foundation of Sichuan Educational Committee (15ZB0268); Science and Technology Support Project of Sichuan Province (2011NZ0075)]

作者简介: 王永明(1985—), 男, 山西太原人; 硕士, 讲师; 研究方向为水产养殖学。E-mail: wym8188@126.com

通信作者: 谢碧文(1968—), 女, 四川资中人; 博士, 教授; 研究方向为渔业生物学。E-mail: xiebw6873@163.com

20尾。各平行组试验鱼吸干体表水分后, 去皮取其头后身体两侧等量肌肉, 将肌肉样品合并, 混合均匀后分成2份, 一份用于一般营养成分测定, 另一份冷冻干燥后用于氨基酸和脂肪酸测定。

1.3 分析测定方法

水分测定: 采用恒温干燥法, 在电热恒温烘箱(GZX-9240, 上海博迅实业有限公司医疗设备厂)中105℃烘干称重(GB/T 9695.15-2008); 粗蛋白测定: 采用消化炉(DK20型, 意大利VELP公司)消化, 全自动凯氏定氮仪(UDK159型, 意大利VELP公司)测定(GB/T 5009.5-2010); 粗脂肪测定: 采用SoxtecTM 8000型索氏提取仪(丹麦福斯分析仪器公司), 以石油醚作为提取剂进行索氏提取法测定(GB/T 5009.6-2010); 灰分测定: 采用马弗炉(SX2-12-12Z型, 上海博迅实业有限公司医疗设备厂)550℃高温灼烧测定(GB/T5009.4-2010)。

脂肪酸测定: 按照氯仿-甲醇法提取总脂, 脂肪的皂化和衍生参照国标GB/T22223-2008的方法进行, 以脂肪酸甲酯做标准定性, 以色谱峰峰面积归一法计算出各脂肪酸相对含量, 仪器为Agilent 6890气相色谱仪。

氨基酸测定: 参照国标GB/T5009.124-2003, 运用6 mol/L盐酸对样品进行水解, 以外标法对样品中氨基酸进行测定, 仪器为Biochrom 30型全自动氨基酸分析仪。

1.4 氨基酸评价方法

根据FAO/WTO建议的氨基酸评分标准模式^[11]和中国预防医学科学院营养与食品卫生所所提出的全卵蛋白模式, 分别按以下公式计算氨基酸分(Amino acid score, AAS)、化学分(Chemical score, CS)、必需氨基酸指数(Essential amino acid index, EAAI)^[12]:

$$AAS = \frac{\text{待测蛋白氨基酸含量}(\%)}{\text{FAO/WHA评分模式氨基酸含量}(\%)}$$

$$CS = \frac{\text{待测蛋白氨基酸含量}(\%)}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸的含量}(\%)}$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100A}{AE} \times \frac{100B}{BE} \times \frac{100C}{CE} \times \dots \times \frac{100J}{JE}}$$

式中: 氨基酸含量[mg/(g.N)]=样品氨基酸含量%(鲜样)/样品粗蛋白含量%(鲜样)×6.25×1000; n 为比较的必需氨基酸数目; A, B, C, ..., J为试验蛋白质的氨基酸含量(% , 干物质基础); AE, BE, CE, ..., JE全鸡蛋蛋白质必需氨基酸含量(% , 干物质基础)。

F 值指支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值^[13]。

$$F = \frac{\text{缬氨酸} + \text{亮氨酸} + \text{异亮氨酸}}{\text{苯丙氨酸} + \text{酪氨酸}}$$

1.5 数据处理与统计

采用SPSS 19.0软件对3个年龄组肌肉营养成分数据进行单因素方差分析和Duncan多重比较。描述性统计值使用“平均值±标准差”表示; $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 一般营养成分比较

人工养殖3个年龄组宽体沙鳊肌肉一般营养成分主要由水分、灰分、蛋白质和粗脂肪组成(表1)。由表1可以看出, 3龄组宽体沙鳊肌肉水分含量显著低于1龄和2龄组($P < 0.05$); 2龄和3龄组肌肉粗蛋白含量显著高于1龄组($P < 0.05$); 3龄组粗脂肪含量显著高于1龄和2龄组($P < 0.05$)。结果表明, 随着年龄的增长, 人工养殖宽体沙鳊群体肌肉水分含量呈递减趋势, 粗蛋白和粗脂肪呈增加趋势, 其中粗蛋白在2龄和3龄组增长不显著($P > 0.05$)。粗灰分含量在1龄组最高, 2龄组最低($P < 0.05$)。

2.2 氨基酸组成与分析

人工养殖3个年龄组宽体沙鳊肌肉中共检测到16种氨基酸(其中, 色氨酸和胱氨酸未测), 包括7种人体必需氨基酸和9种非必需氨基酸(表2)。从氨基酸组成上看, 3个年龄组宽体沙鳊肌肉氨基酸组成相同, 均以鲜味特征氨基酸谷氨酸含量最高, 其次为天门冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸、丙氨酸、精氨酸。除蛋氨酸外, 各氨基酸含量、氨基酸总量、必需氨基酸总量和呈味氨基酸总量均以2龄组最高($P < 0.05$), 1龄组最低($P < 0.05$)。必需氨基酸占氨基酸总量、必需氨基酸与非必需氨基酸比值表现为

表1 人工养殖条件下不同年龄段宽体沙鳊肌肉一般营养组成成分比较(鲜重基础%)

Tab. 1 Nutritional components in muscle of cultured *Sinibotia reevesae* populations at different ages (fresh, %)

| 营养成分 Nutrient component | 生长阶段Growth stage | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1龄 1-year | 2龄 2-years | 3龄 3-years |
| 水分 Moisture | 72.89±0.55 ^a | 72.48±0.21 ^a | 71.69±0.23 ^b |
| 粗蛋白 Crude protein | 16.78±0.12 ^a | 18.61±0.71 ^b | 18.10±0.32 ^b |
| 粗脂肪 Crude fat | 8.06±0.12 ^a | 6.80±1.23 ^b | 11.15±0.72 ^c |
| 粗灰分 Crude ash | 1.15±0.01 ^a | 0.83±0.07 ^b | 1.00±0.01 ^c |

注: 同行上标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$); 下同
Note: Significant ($P < 0.05$) difference shown by different lowercases in the same line; The same applies below

表 4 人工养殖条件下不同年龄段宽体沙鳅肌肉脂肪酸组成(干重基础%)

Tab. 4 Composition and content of fatty acids in muscle of cultured *Sinibotia reevesae* populations at different ages (dry, %)

| 脂肪酸Fatty acid | 生长阶段Growth stage | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1龄 | 2龄 | 3龄 |
| C _{14:0} | 1.08±0.01 ^a | 0.84±0.01 ^b | 1.01±0.01 ^c |
| C _{16:0} | 16.28±0.03 ^a | 14.39±0.02 ^b | 15.07±0.02 ^c |
| C _{17:0} | 0.17±0.01 ^a | 0.27±0.01 ^b | 0.32±0.01 ^c |
| C _{18:0} | 5.61±0.02 ^a | 4.55±0.01 ^b | 4.17±0.01 ^c |
| C _{20:0} | 0.29±0.01 ^a | 0.28±0.01 ^a | 0.25±0.01 ^b |
| C _{21:0} | 0.48±0.01 ^a | 0.01±0.00 ^b | 0.06±0.00 ^c |
| C _{22:0} | 0.05±0.00 ^a | 1.24±0.02 ^b | 1.12±0.01 ^c |
| ΣSFA | 23.96±0.07 ^a | 21.57±0.08 ^b | 22.00±0.03 ^c |
| C _{16:1} | 5.18±0.01 ^a | 5.04±0.01 ^b | 6.45±0.01 ^c |
| C _{17:1} | 0.20±0.01 ^a | 0.19±0.01 ^a | 0.23±0.01 ^b |
| C _{18:1n9c} | 42.09±0.03 ^a | 41.54±0.03 ^b | 40.13±0.03 ^c |
| C _{20:1n9} | 5.67±0.01 ^a | 5.26±0.01 ^b | 5.01±0.02 ^c |
| C _{22:1n9} | 0.53±0.01 ^a | 0.31±0.01 ^b | 0.28±0.01 ^c |
| C _{24:1n9} | 0.03±0.00 ^a | 0.13±0.01 ^b | 0.13±0.00 ^c |
| ΣMUFA | 53.70±0.07 ^a | 52.46±0.04 ^b | 52.22±0.05 ^c |
| C _{18:2n6c} | 16.32±0.01 ^a | 19.70±0.02 ^b | 18.86±0.02 ^c |
| C _{20:2} | 0.86±0.01 ^a | 1.14±0.01 ^b | 1.09±0.01 ^c |
| C _{20:3n6} | 1.05±0.01 ^a | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b |
| C _{20:3n3} | 0.42±0.00 ^a | 0.71±0.01 ^b | 0.74±0.02 ^c |
| C _{20:5n3} (EPA) | 0.49±0.01 ^a | 0.41±0.01 ^b | 0.46±0.01 ^c |
| C _{22:5n3} (DPA) | 0.55±0.01 ^a | 0.53±0.01 ^b | 0.64±0.01 ^c |
| C _{22:6n3} (DHA) | 2.66±0.01 ^a | 3.47±0.01 ^b | 3.98±0.01 ^c |
| EPA+DHA | 3.15±0.02 ^a | 3.88±0.01 ^b | 4.44±0.01 ^c |
| ΣPUFA | 22.34±0.04 ^a | 25.97±0.04 ^b | 25.77±0.07 ^c |

注: SFA饱和脂肪酸, MUFA单不饱和脂肪酸, PUFA多不饱和脂肪酸, Σ求和

Note: SFA means saturated fatty acids, MUFA means monounsaturated fatty acids, PUFA means polyunsaturated fatty acids, Σ means Sum

最高, ΣMUFA随年龄的增长递减, EPA+DHA含量随年龄的增长递增。

3 讨论

3.1 不同年龄段养殖宽体沙鳅一般营养成分比较

蛋白质和脂肪含量是鱼肉营养价值的重要评价指标。人工养殖宽体沙鳅3个年龄组肌肉蛋白质含量较高,且2龄和3龄组肌肉蛋白质含量明显高于泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus* Cantor)等鳅科鱼类^[14-17];粗脂肪含量在几种鳅科鱼类中最高^[14-20]。研究表明,宽体沙鳅是一种高营养的优质蛋白源食物,粗脂肪含量高可能与人工养殖条件下食物来源充足和采样的季节性有关^[21]。

随着年龄的增长,宽体沙鳅肌肉水分含量呈下降趋势,粗蛋白和粗脂肪呈增长趋势,且粗蛋白在2龄和3龄组增长不显著,粗脂肪增长显著,与齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti* Tchang)^[22]、花羔红点鲑(*Salvelinus malma* Walbaum)^[23]和鳊(*Engraulis japonicus*)^[24]中的研究结果一致,与兴凯湖翘嘴鲌(*Culter alburnus* Basilewsky)^[25]的研究结果略有不同。1龄鱼粗蛋白与粗脂肪含量低,可能与鱼体含水量高、自身生化组成及能量含量有关^[24];2龄和3龄组粗蛋白和粗脂肪含量高可能与鱼体处于性成熟期,需要积累大量的营养物质有关^[6,26]。

3.2 不同年龄段养殖宽体沙鳅氨基酸组成及含量差异

氨基酸的组成及含量,特别是组成人体所需的必需氨基酸的含量及构成比例,是评价食物蛋白质营养水平的最重要指标^[27]。3个年龄组宽体沙鳅肌肉氨基酸组成相同,氨基酸中均以鲜味特征氨基酸谷氨酸含量最高,其次为天门冬氨酸;呈味氨基酸总量较高,与同属的中华沙鳅(*Sinibotia superciliaris* Günther)及其他鳅科鱼类中的研究结果相同^[14-20],呈味氨基酸占氨基酸总量随年龄的增长呈降低趋势。研究表明,3个年龄组宽体沙鳅肌肉鲜美可口且1龄鱼比2龄和3龄鱼风味更加厚重。因此,在宽体沙鳅商品鱼养殖过程中应考虑添加谷氨酸等鲜味氨基酸以提高鱼体肉质风味。

必需氨基酸指数(EAAI)是食物蛋白质营养价值的常用指标之一。EAAI越高,氨基酸组成越平衡,蛋白质质量越高,利用率越高^[28,29]。本研究结果显示,人工养殖3个年龄组宽体沙鳅EAAI值均较高,以2龄组最高且显著高于其他鳅科鱼类^[14-20]。结合3个年龄组肌肉必需氨基酸占氨基酸总量均高于40%,必需氨基酸与非必需氨基酸比值均高于60%,认为人工养殖3个年龄组宽体沙鳅肌肉氨基酸均衡,符合FAO/WHO标准中对较好蛋白质氨基酸的组成要求,属于优质蛋白质^[11]。氨基酸总量和EAAI在2龄组最高,可能与鱼体进入性成熟期,大量氨基酸合成卵黄蛋白、肽类激素、性腺组织和配子的原料有关^[26]。

在AAS和CS分析中,3个年龄组宽体沙鳅肌肉赖氨酸的含量最高且均超过FAO/WHO模式和鸡蛋蛋白质中相应含量;第一限制性氨基酸均为缬氨酸。表明3个年龄组宽体沙鳅可以弥补以谷物为主的膳食者饮食中赖氨酸的不足,促进人们对谷物蛋白质的利用率^[30];在配制宽体沙鳅饲料时应添加缬氨酸,以保证饲料中氨基酸的平衡,促进鱼类健康生长。

肝脏是人体内氨基酸代谢,尤其是芳香族氨基酸分解的主要场所。人体肝脏受损,氨基酸代谢随之紊乱,且不适宜的蛋白质能量摄入会加重患者病情,甚至危及生命。研究表明,正常人体 F 值(支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值)为3.0—3.5,当肝脏受损时会下降为1.0—1.5^[13]。相应的补充支链氨基酸制剂可改变机体新陈代谢状态、减少肝硬化并发症的发生,改善肝硬化患者的生活质量及预后^[31—33]。本研究测得3个年龄组宽体沙鳊 F 值分别为2.22、2.08和2.12,均显著高于人体肝脏受损时的 F 值,表明宽体沙鳊对患肝病的病人有良好的保健作用,与其他鳊科鱼类中的研究结果一致^[14—16, 18—20]。

3.3 不同年龄段养殖宽体沙鳊脂肪酸组成差异

脂肪酸是机体主要能源之一,对鱼类的生存和生长有重要作用。通过对鱼类不同时期营养成分组成及含量变化的研究发现,鱼类对脂肪酸的需求量模式与构成鱼体脂肪酸模式之间明显相关^[34, 35]。同时,性腺和配子中长链不饱和脂肪酸的总含量及各种长链不饱和脂肪酸的比例可能与亲鱼生殖激素的调节作用有关^[36]。人工养殖3个年龄组宽体沙鳊脂肪酸含量丰富,种类较多,营养价值较高。PUFA在2龄组最高且EPA+DHA含量随年龄的增长递增,可能与鱼体处于性成熟期,存储大量必需脂肪酸合成固醇类等重要结构组分或转运因子有关^[37, 38]。3个年龄组EPA+DHA含量较宽体沙鳊野生亲鱼及其他鳊科鱼类低^[10, 18—20],可能与EPA和DHA必须从食物脂肪中获得有关^[29]。因此,为保证养殖宽体沙鳊各阶段鱼种的健康生长及鱼肉品质,应在研制宽体沙鳊配合饲料时根据年龄的差异来调整原料配比,特别是必需脂肪酸的添加。

一些学者认为,海水鱼组织脂肪酸组成中, $C_{18:1n9c}$ 升高往往是缺乏必需脂肪酸的表现,且 $C_{18:1n9c}/n-3HUFA$ 可以作为必需脂肪酸满足程度的一个判定依据^[39, 40]。3个年龄组宽体沙鳊肌肉 $C_{18:1n9c}/n-3HUFA$ 远大于1且显著高于其野生亲鱼,该结果是否符合上述结论还有待进一步的研究。

4 结论

通过对宽体沙鳊1、2、3龄养殖群体的肌肉营养成分分析及比较显示,各年龄组宽体沙鳊肌肉营养丰富,味道鲜美,以2龄鱼体营养最佳。各年龄组营养成分差异表现为:①粗蛋白质和粗脂肪含量较高且随着年龄的增长呈增长趋势。其中,粗蛋白在2龄和3龄组增长不显著($P>0.05$),粗脂肪增长显著($P<0.05$)。②氨基酸组成中均以鲜味特征氨基酸谷

氨酸含量最高,其次为天门冬氨酸;第一限制性氨基酸均为缬氨酸;支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值(F 值)明显高于人体肝脏受损时的水平。③各年龄组不饱和脂肪酸含量高于饱和脂肪酸含量($P<0.05$);不饱和脂肪酸中单不饱和脂肪酸含量较高($P<0.05$);多不饱和脂肪酸(PUFA)在2龄组最高($P<0.05$)且EPA+DHA含量随年龄的增长递增($P<0.05$)。为保证养殖宽体沙鳊各阶段鱼种的健康生长及鱼肉品质,建议在配置宽体沙鳊饲料时应根据年龄的差异来合理调整原料配比。

参考文献:

- [1] Gong G, Xue M, Wang J, *et al.* Nutrition requirement and nutritional regulation of growth and development for fish larvae [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2014, **26**(4): 843—851 [宫官, 薛敏, 王嘉, 等. 仔稚鱼营养需要及生长发育的营养调控. 动物营养学报, 2014, **26**(4): 843—851]
- [2] Ding R H. Fish in Sichuan [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Publishing Press. 1994, 96—98 [丁瑞华. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社. 1994, 96—98]
- [3] Yue X J, Wang F, Xie B W, *et al.* Embryonic development of *Sinibotia reevesae* in Tuojiang River [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2011, **30**(3): 390—393, 397 [岳兴建, 王芳, 谢碧文, 等. 沱江流域宽体沙鳊的胚胎发育. 四川动物, 2011, **30**(3): 390—393, 397]
- [4] Wang F, Yue X J, Xie B W, *et al.* Anatomical and histological structure of digestive system of *Sinibotia reevesae* [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2011, **30**(4): 569—572 [王芳, 岳兴建, 谢碧文, 等. 宽体沙鳊消化系统的结构. 四川动物, 2011, **30**(4): 569—572]
- [5] Xu D D, Wang Z J, Wang Y M, *et al.* Morphological variation between *Sinibotia superciljaris* and *Sinibotia reevesae* with notes on their validities [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2017, **41**(4): 827—834 [徐丹丹, 王志坚, 王永明, 等. 中华沙鳊和宽体沙鳊形态差异及其物种有效性分析. 水生生物学报, 2017, **41**(4): 827—834]
- [6] Wang Y M, Xie B W, Wang F, *et al.* Reproduction characteristics of *Sinibotia reevesae* in the Tuojiang River [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2014, **49**(5): 699—706 [王永明, 谢碧文, 王芳, 等. 沱江宽体沙鳊的繁殖特性. 动物学杂志, 2014, **49**(5): 699—706]
- [7] Wang Y M, Xie B W, Zou Y C, *et al.* Age and growth of *Sinibotia reevesae* in the Tuojiang River [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2015, **50**(2): 221—230 [王永明, 谢碧文, 邹远超, 等. 沱江宽体沙鳊的年龄与生长. 动物学杂志, 2015, **50**(2): 221—230]

- [8] Wang Y M, Chen Y, Hu Y, *et al.* Ultrastructural observation of the sperm of *Sinibotia reevesae* and effect of Na^+ , K^+ and Ca^{2+} on its motility [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2016, **35**(1): 38—43 [王永明, 陈瑜, 胡雨, 等. 宽体沙鳅精子超微结构 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 对其精子活力的影响. 四川动物, 2016, **35**(1): 38—43]
- [9] Xie J, Li F Y, Liu X L, *et al.* On effects of dietary lipid level on growth, fatty acids profiles and lipase in *Sinibotia reevesae* [J]. *Journal of Southwest China Normal University* (Natural Science Edition), 2013, **38**(11): 76—83 [颀江, 李飞扬, 刘晓玲, 等. 饲料脂肪水平对宽体沙鳅幼鱼生长和肌肉脂肪酸组成及脂肪酶的影响. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, **38**(11): 76—83]
- [10] Xie J, Qin C J, Hou P, *et al.* The level of fatty acids of *Sinibotia superciliaris* and *Sinibotia reevesae* parent fish [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2013, **41**(5): 290—292 [颀江, 覃川杰, 侯平, 等. 沱江宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼脂肪酸组成分析. 江苏农业科学, 2013, **41**(5): 290—292]
- [11] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee. Energy and Protein Requirements [M]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series. 1973, 52
- [12] Pei L, Young V R. Nutritional Evaluation of Protein Foods [M]. California: The United National University Publishing Company. 1980, 26—29
- [13] Tang X, Xu G C, Xu P, *et al.* A comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured *Coilia nasus* [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, **23**(3): 514—520 [唐雪, 徐钢春, 徐跑, 等. 野生与养殖刀鲚肌肉营养成分的比较分析. 动物营养学报, 2011, **23**(3): 514—520]
- [14] Wen X B, Ku M M, Hu X D. Studies on nutritive composition of *Leptobotia elongata* Bleeker [J]. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1996, **16**(4): 284—288 [温小波, 库么梅, 胡小迪. 长薄鳅的营养成分研究. 湖北农学院学报, 1996, **16**(4): 284—288]
- [15] Zhao Z S, Gao G Q, Yin J, *et al.* Studies on nutritive composition of *Misgurnus anguillicaudatus* and *Paramisgurnus dabryanus* [J]. *Journal of Hydroecology*, 1999, **19**(2): 16—17 [赵振山, 高贵琴, 印杰, 等. 泥鳅和大鳞副泥鳅营养成分分析. 水生态学杂志, 1999, **19**(2): 16—17]
- [16] Li H. Comparison of nutrient components in muscles of wild and artificial cultured *Triplophysa siluroides* [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2013, **32**(4): 584—587 [李华. 野生和人工养殖似鲃高原鳅肌肉营养成分比较. 四川动物, 2013, **32**(4): 584—587]
- [17] Wang S, Chen S A, Song Y, *et al.* Analysis of nutritional composition on the *Triplophysa (Hedinichthys) yarkandensis* (Day) about Tarim River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2011, **32**(1): 137—141 [王帅, 陈生熬, 宋勇, 等. 塔里木河流域叶尔羌高原鳅营养成分分析. 水生态学杂志, 2011, **32**(1): 137—141]
- [18] Pu J, Jia L, Su S Q, *et al.* Rate of flesh content and analysis on nutrient composition of *Sinibotia superciliaris* [J]. *Journal of Southwest University* (Natural Science Edition), 2014, **36**(3): 42—48 [普炯, 贾砾, 苏胜齐, 等. 中华沙鳅含肉率及肌肉营养成分分析. 西南大学学报(自然科学版), 2014, **36**(3): 42—48]
- [19] Wu Y A, Liang Z Q, Yuan X P, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in the muscle of *Parabotia fasciata* Dabry [J]. *Freshwater Fisheries*, 2011, **41**(1): 87—91 [伍远安, 梁志强, 袁希平, 等. 花斑副沙鳅肌肉营养成分分析与评价. 淡水渔业, 2011, **41**(1): 87—91]
- [20] Cui L L, Leng Y, Miao X J, *et al.* Evaluation of nutrient quality and composition in the muscle of *Triplophysa venusta* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2016, **37**(2): 70—75 [崔丽莉, 冷云, 缪祥军, 等. 秀丽高原鳅肌肉营养成分分析与品质评价. 水生态学杂志, 2016, **37**(2): 70—75]
- [21] Tan D Q, Wang J W, Dan S G, *et al.* The ratio of muscle to body and analysis of the biochemical composition of muscle in *Megalobrama pellegrini* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2004, **28**(1): 17—22 [谭德清, 王剑伟, 但胜国, 等. 厚颌鲂含肉率及生化成分的分析. 水生生物学报, 2004, **28**(1): 17—22]
- [22] Zhou X H, Zheng S M, Wu Q, *et al.* An analysis of the nutritive composition in muscle of prenatant's schizothoracin *Schizothorax prenanti* [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2005, **20**(1): 20—24 [周兴华, 郑曙明, 吴青, 等. 齐口裂腹鱼肌肉营养成分的分析. 大连水产学院学报, 2005, **20**(1): 20—24]
- [23] Meng F Y, Huang Q, Hao F Q. Comparative studies on muscle composition and blood index of *Salvelinus malma* at different ages [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, **16**(1): 113—119 [孟繁伊, 黄权, 郝凤奇. 不同年龄花羔红点鲑肌肉成分和血液指标的比较研究. 中国水产科学, 2009, **16**(1): 113—119]
- [24] Liu H Z, Luo L, Cai D L, *et al.* Analysis and valuation of nutrient components in the muscle of *Engraulis japonicus* at different growth stages [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, **29**(11): 2150—2157 [刘海珍, 罗琳, 蔡德陵, 等. 不同生长阶段鳀鱼肌肉营养成分分析与评价. 核农学报, 2015, **29**(11): 2150—2157]
- [25] Wang K, Chen B J, Liu B, *et al.* Analysis on nutritive composition of muscle in wild and cultured *Culter alburnus* populations in Xingkai Lake at different ages [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, **19**(5): 906—

- 912 [王琨, 程宝晶, 刘斌, 等. 不同年龄野生和养殖兴凯湖翘嘴鲌肌肉营养成分分析. 中国水产科学, 2012, **19**(5): 906—912]
- [26] Zhao N N, Li Y, Ma J, *et al.* Research perspectives on characteristics of nutrient requirement in broodstock and larvae in Siluriformes [J]. *Fisheries Science*, 2016, **35**(3): 296—301 [赵宁宁, 李勇, 马骏, 等. 鲇形目亲鱼和仔稚鱼营养需求特点研究进展. 水产科学, 2016, **35**(3): 296—301]
- [27] Wan S L, Huang Y T, Liu M, *et al.* The ratio of muscle to body and analysis of the nutritive composition of muscle in *Pelteobagrus vachelli* [J]. *Journal of Hydroecology*, 2008, **28**(3): 59—61 [万松良, 黄永涛, 刘敏, 等. 瓦氏黄颡鱼的含肉率及营养成分分析. 水生态学杂志, 2008, **28**(3): 59—61]
- [28] Huang F, Yan A S, Xiong C X, *et al.* Evaluation of the nutrition and the rate of flesh in the whole body of *Pelteobagrus fulvidraco* Rich [J]. *Freshwater Fisheries*, 1999, **29**(10): 3—6 [黄峰, 严安生, 熊传喜, 等. 黄颡鱼的含肉率及鱼肉营养评价. 淡水渔业, 1999, **29**(10): 3—6]
- [29] Sun H K, Han Y Z, Sun J F, *et al.* Muscle nutritional comparative of four different geographical *Silurus asotus* groups [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2016, **40**(3): 493—500 [孙海坤, 韩雨哲, 孙建富, 等. 四个不同地理鲇群体肌肉营养组成的比较分析. 水生生物学报, 2016, **40**(3): 493—500]
- [30] Yan A S, Xiong C X, Qian J W, *et al.* A study on the rate of flesh content of mandarin fish and nutritional quality of the flesh [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1995, **14**(1): 80—84 [严安生, 熊传喜, 钱健旺, 等. 鳊鱼含肉率及鱼肉营养价值的研究. 华中农业大学学报, 1995, **14**(1): 80—84]
- [31] Wang P, Xie Q. Branched-chain amino acids as pharmacological nutrients in chronic liver disease [J]. *Pharmaceutical And Clinical Research*, 2011, **19**(6): 481—484 [王芑, 谢青. 支链氨基酸作为药理营养素在慢性肝病治疗中的应用. 药学与临床研究, 2011, **19**(6): 481—484]
- [32] Kakazu E, Ueno Y, Kondo Y, *et al.* Branched chain amino acids enhance the maturation and function of myeloid dendritic cells ex vivo in patients with advanced cirrhosis [J]. *Hepatology*, 2009, **50**(6): 1936—1945
- [33] Ichikawa T, Naota T, Miyaaki H, *et al.* Effect of an oral branched chain amino acid-enriched snack in cirrhotic patients with sleep disturbance [J]. *Hepatology Research*, 2010, **40**(10): 971—978
- [34] Rainuzzo J R, Reitan K I, Jørgensen L. Comparative study on the fatty acid and lipid composition of four marine fish larvae [J]. *Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 1992, **103**(1): 21—26
- [35] Zhou Z, Li Z Y. Advances on the research of nutritional requirements of larvae [J]. *Guizhou Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2013, **37**(4): 65—68 [周洲, 李正友. 鱼类仔稚鱼营养需求研究进展. 贵州畜牧兽医, 2013, **37**(4): 65—68]
- [36] Fernández-Palacios H, Norberg B, Izquierdo M, *et al.* Effects of Broodstock Diet on Eggs and Larvae [M]. In: Holt G J (Eds.), *Larval Fish Nutrition*. Wiley-Blackwell, UK. 2011, 153—182
- [37] Li Y Y, Chen W Z, Sun Z W, *et al.* Effects of n-3HUFA content in broodstock diet on spawning performance and fatty acid composition of eggs and larvae in *Plectrohynchus cinctus* [J]. *Aquaculture*, 2005, **245**(1): 263—272
- [38] Vassallo A R, Watanabe T, Yoshizaki G, *et al.* Quality of eggs and spermatozoa of rainbow trout fed an n-3 essential fatty acid-deficient diet and its effects on the lipid and fatty acid components of eggs, semen and livers [J]. *Fish Science*, 2001, **67**(5): 818—827
- [39] Sargent J R, Tocher D R, Bell J G. The Lipids [M]. In: Halver (Eds.), *Fish Nutrition* (2nd ed). London: Academic Press, 2002, 181—257
- [40] Tago A, Yamamoto Y, Teshima S, *et al.* Effects of 1, 2-di-20: 5-phosphatidylcholine (PC) and 1, 2-di-22: 6-PC on growth and stress tolerance of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae [J]. *Aquaculture*, 1999, **179**(1-4): 231—239
- [41] Linares F, Henderson R J. Incorporation of ¹⁴C-labelled polyunsaturated fatty acids by juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (L.) in vivo [J]. *Journal of Fish Biology*, 2010, **38**(3): 335—347

NUTRITIONAL COMPOSITION OF MUSCLE IN CULTURED *SINIBOTIA REEVESAE* POPULATION AT DIFFERENT AGES

WANG Yong-Ming, SHI Jin-Rong, XIE Bi-Wen, TANG Rui, WANG Yu and QI Ze-Min

(Conservation and Utilization of Fishes Resources in the Upper Reaches of the Yangtze River Key Laboratory of Sichuan Province, College of Life Science, Neijiang Normal University, Neijiang 641199, China)

Abstract: *Sinibotia reevesae*, an endemic fish, live only in the upper reaches of the Yangtze River. To study nutritional composition in muscle during different growth phases, the main nutrient components in the muscles of age 1, 2 and 3 farmed (fed formulated feed) *S. reevesae* were analyzed, and the nutritional value and product flavor were evaluated. The general nutrient compositions were determined by routine methods, the amino acid compositions were measured with an amino acid analyzer and the fatty acid compositions by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that the contents of crude protein and crude fat in *S. reevesae* muscles increased with fish growth. With the increase of age, the moisture content decreased, whereas the contents of crude protein and crude fat increased. The crude protein in muscles of age-group 3 was significantly higher than that of the other two groups ($P < 0.05$), while no significant difference was found in crude protein content between age-group 2 and 3 ($P > 0.05$). The contents of different amino acids in muscles of *S. reevesae* among 3 groups were stable. Glutamic acid, aspartic acid and lysine were the most abundant among 16 kinds of amino acids detected in muscles of each group. The essential amino acid index (EAAI) and the ratio of branched chain amino acid to aromatic amino acid (F value) of *S. reevesae* were very high. According to nutrition evaluation in amino acid score (AAS) and chemical score (CS), the first limiting amino acid for muscles of *S. reevesae* during different growth phases was valine acid. Totally 7 saturated fatty acids (SFA), 6 mono-unsaturated fatty acids (MUFA), and 7 poly-unsaturated fatty acids (PUFA) were found in dry muscles of *S. reevesae* from each group. The content of SFA was significantly lower than that of unsaturated fatty acids (UFA) ($P < 0.05$), and the total content of MUFA, especially $C_{18:1n9c}$, was significantly higher among UFA. PUFA in age-group 2 was significantly higher than that of the other two groups ($P < 0.05$). The total content of EPA and DHA was lower than other Cobitidae fishes with the tendency to descend with the increasing age. These results indicate that *S. reevesae* is a kind of high nutritional value, delicious, and high quality fish, and that *S. reevesae* in age 2 and 3 age are great for consume because of higher contents of crude protein and crude fat, better amino acid and fatty acid compositions in muscle.

Key words: *Sinibotia reevesae*; Muscle; Nutrient components; Amino acid; Fatty acid; Valuation