

郇卫华,田 罗,谢芳丽,等. 2 龄胭脂鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. 江苏农业科学,2017,45(7):176-180.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.07.048

2 龄胭脂鱼肌肉营养成分分析与评价

郇卫华^{1,2}, 田 罗³, 谢芳丽¹, 胡 伟¹, 曹志华¹, 夏 虎⁴, 许巧倩^{1,2}

(1. 长江大学湿地生态与农业利用教育部工程研究中心, 湖北荆州 434020; 2. 汕头大学广东省海洋生物技术重点实验室, 广东汕头 515063;
3. 荆州职业技术学院, 湖北荆州 434023; 4. 湖南文理学院/水产高效健康生产湖南省协同创新中心/
环洞庭湖水产健康养殖及加工湖南省重点实验室/动物学湖南省高校重点实验室, 湖南常德 415000)

摘要:为了解胭脂鱼肌肉营养价值,用常规方法分析 2 龄胭脂鱼肌肉中营养成分的组成与含量。结果显示,2 龄胭脂鱼背部水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量分别为 79.65%、18.07%、0.65%、1.35%;腹部水分、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分含量分别为 79.64%、17.79%、1.02%、1.17%。背腹部肌肉中共检测出 18 种氨基酸(除色氨酸),总量皆为 15.76%(鲜样),必需氨基酸指数分别为 81.50、81.99。根据氨基酸评分(AAS)标准,胭脂鱼的第 1 限制性氨基酸为缬氨酸,第 2 限制性氨基酸为亮氨酸;而 CS 的评分结果表明,胭脂鱼的第 1 限制性氨基酸为缬氨酸,第 2 限制性氨基酸为含硫氨基酸(蛋氨酸和胱氨酸)。此外,鲜味氨基酸(天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)含量为 5.90%(鲜样)。首次测定了胭脂鱼背腹部肌肉中 17 种脂肪酸占肌肉鲜质量的含量,其中单不饱和脂肪酸含量为 1.44%~3.07%,多不饱和脂肪酸含量为 2.11%~3.19%,n-3 与 n-6 系列多不饱和脂肪酸比值为(0.99~1.45):1,二十碳五烯酸(EPA)和二十碳六烯酸(DHA)总量达到 0.99%~1.74%。综上所述,2 龄胭脂鱼具有较高的食用价值和养殖价值。

关键词:胭脂鱼;肌肉成分;质构特性;氨基酸;脂肪酸;营养价值

中图分类号: TS254.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)07-0176-05

胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)隶属于鲤形目亚口鱼科

收稿日期:2016-10-20

基金项目:湖北省教育厅项目(编号:B2016035);广东省海洋生物技术重点实验室开放基金(编号:GPKLMB201403);长江大学湿地生态与农业利用教育部工程研究中心开放基金(编号:KF201611)。
作者简介:郇卫华(1977—),女,湖北襄阳人,博士,讲师,主要从事水产营养与饲料学研究。E-mail:gwh105@126.com。

通信作者:许巧倩,博士,教授,主要从事水产分子生物学研究。
E-mail:35507883@qq.com。

3 结论

低温真空油炸技术将油炸和脱水作用有机地结合在一起,使样品处于真空低温状态,减轻甚至避免氧化作用(如脂肪酸败、酶促褐变和其他氧化变质等)所带来的危害。同时,可以有效地避免食品高温处理所带来的一系列问题,如油在高温下的聚合劣变、食品营养成分的损失等^[11]。采用真空油炸工艺将大蒜加工成大蒜脆片能最大程度的保留大蒜中营养成分、风味成分以及功能因子,顺应了传统食品现代化,现代食品国际化的发展趋势。

本试验通过单因素试验和正交试验得出低温真空油炸大蒜片的最佳工艺参数,即大蒜片冷冻 48 h、浸渍 50 min、油炸温度 90℃、真空度 0.09 MPa。

参考文献:

- [1] 张东峰,邓毛程. 大蒜功能性食品的开发与应用[J]. 食品工程, 2015(3):1-3.
- [2] 吕 伟,曾哲灵,代志凯,等. 大蒜多糖提取及其组成测定[J].

胭脂鱼属,是迄今为止所知的亚口鱼科(Catostomidae)中唯一分布于我国及亚洲大陆的种,主要分布于长江和闽江两大水系中,受过度捕捞和环境等多种因素的影响,胭脂鱼野生资源数量锐减,已成为濒危物种的可能,故被列为国家特有二级保护珍稀鱼类^[1]。胭脂鱼具有生长速度快、肉质鲜美、抗病力强等特点,故成为部分区域淡水养殖新的优良品种^[2]。目前,有关胭脂鱼的报道主要集中在形态学、饲料、繁殖、细胞遗传学等方面,对其肌肉营养成分的分析及营养评价的报道很少,目前尚未见到 2 龄胭脂鱼肌肉营养特性的报道^[2-5]。

食品科学,2009,30(18):83-87.

- [3] 李 娜. 大蒜的功效成分及其应用的研究进展[J]. 中国食物与营养,2007(11):25-27.
- [4] 王 琳,杨兴花. 大蒜素在心血管疾病中药理作用的研究进展[J]. 云南中医中药杂志,2012,33(2):65-67.
- [5] 闫森森,许 真,徐 蝉,等. 大蒜功能成分研究进展[J]. 食品科学,2010,31(5):312-318.
- [6] 郭小宁,周林燕,毕金峰,等. 大蒜加工技术研究进展[J]. 农产品加工·学刊,2014(5):68-71.
- [7] 孙翠玲,于大胜. 大蒜素的提取及其应用[J]. 广州化工,2009,37(6):65-67.
- [8] 李 瑜,罗 飞,许时婴. 大蒜生物活性功能及蒜粉微胶囊化的研究进展[J]. 食品科学,2007,28(9):610-613.
- [9] 赵丽华,王小鹤. 我国大蒜产品加工技术研究进展[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2006,27(4):180-182.
- [10] 张晓鸣. 食品感官评定[M]. 北京:中国轻工业出版社,2010:112-113.
- [11] 钮福祥,王红杰,徐 飞,等. 果蔬真空油炸脱水技术研究及果蔬脆片产业发展概况[J]. 中国食物与营养,2012,18(2):24-29.

鉴于此,本研究对 2 龄胭脂鱼肌肉的常规营养成分、质构特性、氨基酸、脂肪酸进行分析和评价,旨在了解其营养状况,充实鱼类营养学数据,并为养殖胭脂鱼的营养需求、饲料配方及进一步加工和利用提供基础理论依据,从而推动胭脂鱼养殖和加工等产业的健康可持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验动物

试验动物为 2 龄胭脂鱼,由湖南千水渔业公司提供,在湖北省武汉市长江水产研究所室内循环水系统暂养 3 d,筛选出体格健壮且规格一致的胭脂鱼 30 尾,雌雄各占一半,其体长(33.30 ± 2.42) cm,体质量(1.41 ± 0.25) kg,经鉴定为 2 龄。

1.2 取样方法

将 25 尾胭脂鱼随机分成 5 份,即 5 个重复,用清水将试验鱼洗净,擦干体表水分,去鳞,尽量取出每尾鱼的背部两侧肌肉和腹部肌肉,整个操作在冰浴条件下进行,取 5 尾鱼的肌肉组成 1 个样本,样品制备后置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存待测。测量时,将样品真空冷冻干燥至恒质量,然后碾磨、混匀,再将样品分为 3 份,1 份做一般营养成分的测定,1 份做氨基酸和脂肪酸组成的测定,1 份做质构特性的测定。

1.3 指标测定

质构特性测定:选取背部和腹部完整的新鲜肌肉块,裁剪成 $5\text{ mm} \times 5\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 的小方块,采用 TVT-300XP 型质构仪(波通瑞华科学仪器北京有限公司)进行质地剖面分析(texture profile analysis,简称 TPA)测定,具体操作参照吴凡等的方法^[6],检测肌肉的硬度、凝聚性、弹性、回复性、胶黏性、咀嚼性等指标。

基本成分分析:肌肉水分含量采用冷冻干燥法测定,使用 CHRIST 型冷冻干燥机冷冻干燥 48 h;粗蛋白测定采用凯氏定氮法(参照 GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》);粗脂肪测定采用索氏抽提法(参照 GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》);粗灰分测定采用灼烧称质量法(参照 GB/T 5009.4—2010《食品中灰分的测定》)。

氨基酸含量的测定:将 5 个重复的胭脂鱼样本以混合冻干粉为样本进行氨基酸含量的测定。具体操作为称取约 20 mg 的冷冻干燥肌肉粉置于玻璃试管中,加入 5 mL 过氧甲酸在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下氧化 16 h(含硫氨基酸氧化);然后加 0.84 g 焦亚硫酸钠在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 终止氧化 30 min;接着加入 25 mL 盐酸苯酚溶液(体积比 1:1),放置于 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中水解 24 h;加入内标正亮氨酸;再加入 19 mL 3 mol/L NaOH 溶液和 pH 为 2.2 的盐酸柠檬酸溶液,将溶液 pH 值调为 2.2;最后用孔径 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 的滤膜过滤,取 20 μL 滤液与氨基酸标准品一起上机测定。所采用的氨基酸分析仪为英国的 Biochrom 30+。

脂肪酸含量的测定:将 5 个重复的胭脂鱼样本以混合冻干粉为样本进行脂肪酸含量的测定。具体操作为精准称量冷冻干燥肌肉粉约 5 mg 并记录,置于 20 mL 顶空瓶中;加 2 mL 浓硫酸-甲醇溶液(体积比为 1:19),300 μL 甲苯,25 μL 0.2% (质量分数)2,6-二叔羟基对甲酚(BHT)甲醇溶液,涡旋 1 min;然后置于 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴锅中甲酯化 1.5 h;在反应完成后的样本中加入 2 mL 0.9% (质量分数)氯化钠水溶液,

10 μL 5 mg/mL 的 $\text{C}_{17:0}$ 内参标准品,并加 1 mL 正己烷萃取,取上清液送样检测。所采用的气相色谱仪为美国 Agilent 7890A。色谱条件:色谱柱 HP-FFAP ($30\text{ m} \times 0.25\text{ mm}$, $0.25\text{ }\mu\text{m}$),进样口温度: $260\text{ }^{\circ}\text{C}$,检测器温度: $280\text{ }^{\circ}\text{C}$,程序升温: $150 \sim 210\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 6 min) $\rightarrow 210\text{ }^{\circ}\text{C}$ (6 min) $\rightarrow 210 \sim 230\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 1 min) $\rightarrow 230\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7 min),载气(N_2)流量:3 mL/min,燃气(H_2)流量:47 mL/min,助燃气(空气)流量:400 mL/min,分流比:1:20,压力 156.13 kPa,进样量:2.0 μL 。本试验所采用的脂肪酸标准品为 36 种,最终共有 17 种脂肪酸出现具有统计学意义的峰值。根据内参标准品 $\text{C}_{17:0}$ 的峰面积和质量,求得 17 种脂肪酸占冷冻干燥肌肉粉质量的比例(%),最终转换为占鲜肉质量的比例(%)。

营养品质评价方法:将所测得必需氨基酸换算成 1 g 蛋白质中氨基酸质量(mg),根据联合国粮食与农业组织(food and agriculture organization,简称 FAO)、世界卫生组织(world health organization,简称 WHO)1973 年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式,分别按以下公式计算氨基酸评分(amino acid score,简称 AAS)、化学评分(chemical score,简称 CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index,简称 EAAI)。

$$\text{AAS} = \frac{\text{样品氨基酸含量}}{\text{WHO 推荐成人同种氨基酸需要量}};$$

$$\text{CS} = \frac{\text{样本氨基酸含量}}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量}};$$

$$\text{EAAI} = [(100A/AE) \times (100B/BE) \times \cdots \times (100H/HE)]^{1/n}。$$

式中: n 为比较的氨基酸数量,个; A 、 B 、 C 、 \cdots 、 J 为鱼肌肉蛋白质的必需氨基酸干物质含量,%; AE 、 BE 、 CE 、 \cdots 、 JE 为全鸡蛋蛋白质的必需氨基酸干物质含量,%。

1.4 数据处理

试验数据用 Excel 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析,结果以“平均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)”表示。

2 结果与分析

2.1 肌肉常规营养成分

肌肉常规营养成分见表 1。统计学分析表明,2 龄胭脂鱼背部粗灰分含量极显著高于腹部($P < 0.01$),腹部粗脂肪含量极显著高于背部($P < 0.01$)。

2.2 肌肉质构特性指标

质构特性是食品组织特性的一项重要指标。统计学结果表明,2 龄胭脂鱼腹部肌肉硬度、弹性、凝聚性、胶黏性、咀嚼性、回复性均显著低于背部($P < 0.05$,表 2)。

表 1 2 龄胭脂鱼的常规营养成分含量(平均值 \pm 标准差) %

部位	水分	粗灰分	粗脂肪	粗蛋白
背部	$79.65 \pm 0.22A$	$1.35 \pm 0.01A$	$0.65 \pm 0.09A$	$18.07 \pm 0.46A$
腹部	$79.64 \pm 0.26A$	$1.17 \pm 0.02B$	$1.02 \pm 0.22B$	$17.79 \pm 0.54A$

注:同列中不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。

2.3 肌肉氨基酸含量

试验中共检测出 18 种氨基酸(因酸水解处理,色氨酸未检出),其中含人体必需氨基酸 7 种,非必需氨基酸 11 种。由表 3 可见,背部和腹部肌肉中除天冬氨酸、谷氨酸、牛磺酸存

表 2 胭脂鱼肌肉质构指标

指标	硬度 (g)	弹性 (mm)	凝聚性	胶黏性 (g)	咀嚼性 (g)	回复性
腹部	1 671.00 ± 159.21a	0.46 ± 0.04a	0.47 ± 0.07a	795.55 ± 183.26a	368.02 ± 107.81a	0.27 ± 0.04a
背部	2 335.00 ± 409.26b	0.59 ± 0.06b	0.64 ± 0.11b	1515.49 ± 445.00b	907.14 ± 325.07b	0.41 ± 0.09b

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 3 胭脂鱼氨基酸含量分析(鲜质量)

氨基酸类别	氨基酸名称	背部含量 (%)	腹部含量 (%)
必需氨基酸(EAA)	亮氨酸(Leu)	1.27a	1.27a
	甲硫氨酸(Met)	0.51a	0.51a
	缬氨酸(Val)	0.80a	0.80a
	异亮氨酸(Ile)	0.73a	0.72a
	苯丙氨酸(Phe)	0.73a	0.73a
	苏氨酸(Thr)	0.73a	0.74a
	赖氨酸(Lys)	1.54a	1.52a
非必需氨基酸(NEAA)	精氨酸(Arg)	1.04a	1.01a
	组氨酸(His)	0.45a	0.46a
	天冬氨酸(Asp)*	1.71a	1.76b
	丙氨酸(Ala)*	0.93a	0.94a
	谷氨酸(Glu)*	2.41a	2.36b
	甘氨酸(Gly)*	0.84a	0.85a
	丝氨酸(Ser)	0.67a	0.68a
	胱氨酸(Cys)	0.16a	0.16a
	脯氨酸(Pro)	0.65a	0.64a
	酪氨酸(Tyr)	0.57a	0.58a
	牛磺酸(Taurine)	0.01a	0.03b
氨基酸总量(TAA,%)		15.76a	15.76a
必需氨基酸总量(EAA,%)		6.32a	6.29a
非必需氨基酸总量(NEAA,%)		9.44a	9.47a
鲜味氨基酸总量(DAA,%)		5.89a	5.91a
EAA/TAA(%)		40.09a	39.90a
EAA/NEAA(%)		66.92a	66.40a

注:标“*”的为鲜味氨基酸。同行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表 4 同。

在显著性差异外($P<0.05$),其余氨基酸含量之间差异均不显著。背部和腹部氨基酸总含量(TAA)皆为 15.76%,谷氨酸含量最高(2.36%~2.41%),其次为天冬氨酸(1.71%~1.76%)、赖氨酸(1.52%~1.54%),含量最低的是牛磺酸(0.01%~0.03%)。肌肉必需氨基酸约占总氨基酸的 40.00%,其中赖氨酸含量最高,甲硫氨酸含量最低。鲜味氨基酸共 4 种(天冬氨酸、丙氨酸、谷氨酸、甘氨酸),占总量的 5.89%~5.91%,含量最高的是谷氨酸(2.36%~2.41%),其次为天冬氨酸(1.71%~1.76%)。

2.4 肌肉脂肪酸含量

本试验测定了 2 龄胭脂鱼背部和腹部肌肉中 17 种脂肪酸的含量(表 4),其中饱和脂肪酸(SFA)5 种($C_{10:0}$ 、 $C_{14:0}$ 、 $C_{16:0}$ 、 $C_{18:0}$ 、 $C_{20:0}$),占脂肪酸总量的 34.57%~36.14%;不饱和脂肪酸共 12 种,其中单不饱和脂肪酸(MUFA)3 种($C_{16:1}$ 、 $C_{18:1n-9}$ 、 $C_{20:1}$),多不饱和脂肪酸(PUFA)9 种($C_{18:2n-6}$ 、 $C_{18:3n-3}$ 、 $C_{18:3n-6}$ 、 $C_{20:2}$ 、 $C_{20:3n-6}$ 、 $C_{20:3n-3}$ 、 $C_{20:5n-3}$ 、 $C_{22:2}$ 、 $C_{22:6n-3}$)。除了 $C_{10:0}$ 和 $C_{22:2}$ 这 2 种脂肪酸在胭脂鱼背部和腹部肌肉间差异不显著外,其他的脂肪酸均有显著性差

异($P<0.05$)。从脂肪酸的组成上看,胭脂鱼腹部饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸含量均显著高于背部。腹部的 EPA + DHA 总量(1.74%)显著高于背部(0.99%),而且前者约为后者的 2 倍。在饱和脂肪酸上,背部和腹部都是以 $C_{16:0}$ 为主,分别占总脂肪酸的 24.56%和 25.79%;在单不饱和脂肪酸上,背部和腹部都是以 $C_{18:1n-9}$ 为主,分别占总脂肪酸的 20.10%和 23.17%;在多不饱和脂肪酸中,背部和腹部均以 $C_{22:6n-3}$ 为主,分别占总脂肪酸的 14.27%和 13.47%,其次为 $C_{18:2n-6}$,分别占总脂肪酸的 12.40%和 10.08%(表 4)。总体来说,胭脂鱼背部和腹部均含丰富的不饱和脂肪酸,分别占总脂肪酸的 65.43%和 63.86%。

2.5 营养品质分析

由表 5 可知,胭脂鱼背部赖氨酸的 AAS、CS 评分结果最高,分别为 1.59、1.23,腹部赖氨酸的 AAS、CS 评分结果也最高,分别为 1.58、1.22,含量皆超过 FAO 推荐值和全鸡蛋水平。根据 AAS 评分,背部缬氨酸的分值最低,其次为亮氨酸;腹部缬氨酸的分值最低,其次为异亮氨酸,即缬氨酸为第 1 限制性氨基酸。根据 CS 评分,背部、腹部蛋-胱氨酸的分值最低,其次为缬氨酸和异亮氨酸,即蛋-胱氨酸为第 1 限制性氨基酸;背、腹部 EAAI 指数分别为 81.50、81.99(表 5)。

3 结论与讨论

3.1 一般营养成分和质构指标

在一般营养成分方面,与其他淡水鱼类相比,2 龄胭脂鱼粗蛋白含量与河川沙塘鳢^[7]、鲤鱼^[8]、鲮鱼^[9]、鳙鱼^[10]相当,高于鲫鱼^[11]、黄颡鱼^[12]、草鱼^[13];粗脂肪含量低于沙塘鳢^[7]、鲤鱼^[8]、鲮鱼^[9]、鳙鱼^[10]、鲫鱼^[11]、黄颡鱼^[12]、草鱼^[13](表 6),由此说明胭脂鱼是一种蛋白质含量较高、脂肪含量较低的鱼类。

质地剖面分析(texture profile analysis,简称 TPA)是利用质构仪来模拟食物咀嚼过程,对食物进行压迫产生的一系列指标,目前已被广泛用于评价水产品的肉质。硬度反映了挤压样品的力量;凝聚性则是鱼肉抵抗受损并紧密连接使其保持完整的性质,反映了细胞间结合力的大小;回复性和弹性反映鱼肉的生物体弹性^[6]。目前还未见关于胭脂鱼质构特性的报道。与其他淡水鱼类进行对比,发现胭脂鱼的弹性、硬度、胶黏性、咀嚼性均高于鲫鱼、鲤鱼、草鱼^[14]、鳙鱼^[15]、鲮鱼^[16]。以上指标的差异可能由于鱼体质构特性与其肌肉中粗脂肪含量有关,高脂肪含量会使鱼肉的机械程度降低^[17],即硬度与粗脂肪含量呈负相关,表 6 显示,胭脂鱼粗脂肪含量最低。另外一个原因可能跟胭脂鱼体质量有关。胡芬等的研究表明,随着体质量的增加,鱼体肉质变硬,弹性增加,口感更好^[14]。本试验的鱼是 2 龄胭脂鱼,体质量已经达到 2 800 g。因此,以上分析可能是 2 龄胭脂鱼质构特性指标高于其他淡水鱼类的原因^[14-16]。

表 4 胭脂鱼脂肪酸鲜质量含量分析

脂肪酸名称	背部		腹部	
	含量(%)	占总脂肪酸的比例(%)	含量(%)	占总脂肪酸的比例(%)
C _{10:0}	0.01 ± 0.002a	0.23	0.01 ± 0.003a	0.13
C _{14:0}	0.12 ± 0.033a	2.14	0.32 ± 0.041b	3.15
C _{16:0}	1.39 ± 0.070a	24.56	2.63 ± 0.122b	25.79
C _{16:1}	0.31 ± 0.001a	5.43	0.71 ± 0.073b	6.99
C _{18:0}	0.40 ± 0.110a	7.01	0.68 ± 0.039b	6.63
C _{18:1n-9}	1.13 ± 0.201a	20.10	2.36 ± 0.297b	23.17
C _{18:2n-6}	0.70 ± 0.009a	12.40	1.10 ± 0.055b	10.80
C _{18:3n-3}	0.07 ± 0.001a	1.22	0.12 ± 0.014b	1.13
C _{18:3n-6}	0.25 ± 0.020a	4.49	0.04 ± 0.002b	0.34
C _{20:0}	0.04 ± 0.003a	0.66	0.05 ± 0.001b	0.46
C _{20:1}	0.05 ± 0.006a	0.92	0.12 ± 0.004b	1.19
C _{20:2}	0.07 ± 0.004a	1.24	0.10 ± 0.002b	1.01
C _{20:3n-6}	0.11 ± 0.004a	1.92	0.17 ± 0.005b	1.66
C _{20:3n-3}	0.00	0.00	0.03	0.34
C _{20:5n-3} (二十碳五烯酸,简称 EPA)	0.18 ± 0.003a	3.19	0.37 ± 0.030b	3.61
C _{22:2}	0.01 ± 0.001a	0.22	0.01 ± 0.002a	0.14
C _{22:6n-3} (二十二碳六烯酸,简称 DHA)	0.81 ± 0.033a	14.27	1.37 ± 0.066b	13.47
总必需脂肪酸(EFA)	5.64		10.19	
ΣSFA	1.95 ± 0.342a	34.57	3.68 ± 1.100b	36.14
ΣMUFA	1.49 ± 0.253a	26.42	3.19 ± 1.004b	31.30
Σn-6PUFA	1.06 ± 0.112a	18.80	1.30 ± 0.072b	12.80
Σn-3PUFA	1.05 ± 0.101a	18.68	1.89 ± 0.032b	18.55
EPA + DHA	0.99 ± 0.022a	17.46	1.74 ± 0.054b	17.09

表 5 胭脂鱼背部和腹部 AAS、CS、EAAI 的比较

项目	FAO 评分模式 (mg/g N)	鸡蛋蛋白 (mg/g N)	背部			腹部		
			含量(mg/g N)	AAS	CS	含量(mg/g N)	AAS	CS
异亮氨酸	250	331	258	1.03	0.78	254	1.02	0.77
亮氨酸	440	534	447	1.02	0.84	451	1.03	0.85
赖氨酸	340	441	542	1.59	1.23	537	1.58	1.22
蛋-胱氨酸	220	387	237	1.08	0.61	239	1.09	0.62
苯丙-酪氨酸	380	565	454	1.20	0.80	466	1.23	0.83
苏氨酸	250	292	257	1.03	0.88	263	1.05	0.90
缬氨酸	310	410	282	0.91	0.69	282	0.91	0.69
EAAI				81.50			81.99	

表 6 胭脂鱼肌肉与其他几种淡水鱼类的
基本营养成分分析比较(鲜样)

鱼类品种	水分含量	粗灰分含量	粗脂肪含量	粗蛋白含量
胭脂鱼	79.65	1.35	0.65	18.07
河川沙塘鳢	78.08	1.30	1.11	18.26
鲤鱼	78.14	1.12	1.96	18.06
鲫鱼	80.28	1.64	1.58	15.74
黄颡鱼	77.97	1.00	5.24	15.79
鳊鱼	80.03	1.21	0.70	18.06
草鱼	81.02	1.03	1.40	16.56
鳙鱼	72.87	1.10	6.60	18.61

3.2 氨基酸组成

各种氨基酸的含量是决定水产品质量的另一重要指标。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质中,必需氨基酸占氨基酸总量的 40% 左右,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值在 60% 以上^[18]。2 龄胭脂鱼的肌肉氨基酸组成符合

上述指标要求,属于一种质量较好的蛋白质。胭脂鱼肌肉中赖氨酸的含量超过 FAO/WHO 模式和鸡蛋蛋白质,这对于以谷物食品为主的膳食者来说,既可以弥补谷物食品中赖氨酸的不足,还可以提高人体对蛋白质的利用率^[19]。从 EAAI 上看,2 龄胭脂鱼高于奥尼罗非鱼^[18]、布氏罗非鱼^[20]、河川沙塘鳢^[7]、草鱼^[13],由此也可反映胭脂鱼具有较高的营养价值。另外,2 龄胭脂鱼肌肉鲜味氨基酸总量高于中华倒刺鲃^[19]、草鱼^[21],低于奥尼罗非鱼^[18]、河川沙塘鳢^[7]、鳊鱼^[9]。由此可见,胭脂鱼肌肉的鲜味氨基酸含量较高,说明胭脂鱼是一种味道鲜美的鱼类。

3.3 脂肪酸组成

以往对水产品的脂肪酸含量测定多用相对百分含量,即采用峰面积归一法进行相对定量分析,求得各脂肪酸在总脂肪酸中的百分含量。在本研究中采用奇数饱和脂肪酸 C_{17:0} 为内参标准品^[22-23],求得各脂肪酸占冷冻干燥肌肉粉质量的百分比,再转换为占鲜肉质量的千分比,这在胭脂鱼上是首次

报道。本试验对水产品中 36 种常报道的脂肪酸进行了测定,最后测定出具有统计意义的 17 种脂肪酸。

随着社会的发展,必需脂肪酸的最佳摄入值和比例越来越受重视。中国营养学会在《中国居民膳食营养素参考摄入量》中提出 $\Sigma SFA : \Sigma MUFA : \Sigma PUFA = 1 : 1 : 1$ 为最佳,多不饱和脂肪酸 n-6 和 n-3 的适宜比值为 $(4 \sim 6) : 1$ ^[24]。目前我国居民主要饮食脂肪源即家禽肉类和植物油的 n-6 和 n-3 的比值均远高于该值^[25]。因此,在膳食中需要增加富含 n-3 PUFA 的食物以平衡脂肪酸的摄入。水产品是人类摄取必需脂肪酸,特别是长链高不饱和脂肪酸(LC-HUFA)的主要来源。本试验中胭脂鱼背部和腹部 n-3 PUFA 含量占总脂肪酸的 19% 左右,背部 n-3/n-6 为 1,腹部 n-3/n-6 为 1.45,可以增加膳食中缺乏的 n-3 PUFA 的含量。

脂肪是加热产生香气成分不可缺少的物质,水产品所特有的芳香气味大部分与 n-3 系列 PUFA 分解产生的挥发性物质有关,如 EPA 和 DHA,同时也在一定程度上反映了肌肉的多汁性^[26-27]。EPA 和 DHA 主要存在于鱼类脂肪中,主要通过食物链的富集作用在体内积聚。近 20 年的医学研究证明,EPA 和 DHA 对心血管疾病及老年性痴呆具有治疗作用,同时具有一定的保健作用。2 龄胭脂鱼的 EPA 和 DHA 含量显著高于草鱼^[13]、布氏罗非鱼^[20]等,说明胭脂鱼的 EPA 和 DHA 含量丰富,营养价值高。

参考文献:

- [1]王川,金丽,刘晓蕾,等.延迟首次投喂对胭脂鱼仔鱼生长摄食及消化酶活性的影响[J].水产学报,2013,37(11):1706-1710.
- [2]郭忠娣,刘亚秋,黄静,等.不同转食策略对胭脂鱼仔鱼和稚鱼生长及存活率的影响[J].水产学报,2016,40(1):64-72.
- [3]武佳韵,吴波,杨坤,等.野外采集和人工繁育胭脂鱼形态差异研究[J].淡水渔业,2014,44(6):74-80.
- [4]祝东梅,杨坤,王卫民,等.中国胭脂鱼的细胞遗传学分析[J].中国水产科学,2013,20(3):682-688.
- [5]林郁葱,龚媛,龚世园,等.野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较[J].淡水渔业,2011,41(6):70-77.
- [6]吴凡,文华,蒋明,等.饲料维生素 C 水平对吉富罗非鱼生长性能、肌肉品质和抗氧化功能的影响[J].中国水产科学,2015,22(1):79-87.
- [7]施永海,张根玉,张海明,等.河川沙塘鳢肌肉营养成分的分析和评价[J].食品科学,2015,36(4):147-155.
- [8]Xu X H, Liu X. Nutritional composition of muscles from 8 species of economic fishes [J]. Food Science, 2013, 34(21): 75-81.
- [9]吴朝朝,赵利,袁美兰,等.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),2015,36(2):

83-89.

- [10]王苗苗,王海磊,罗庆华,等.鳃鱼肌肉营养成分测定及评价[J].食品科学,2014,35(15):238-243.
- [11]周立斌.淡水石首鱼的含肉率和肌肉营养成分分析[J].水产科学,2005,24(4):18-20.
- [12]马玲巧,李大鹏,田兴,等.1龄黄颡鱼的肌肉营养成分及品质特性分析[J].水生生物学报,2015,39(1):193-196.
- [13]程汉良,蒋飞,彭永兴,等.野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析[J].食品科学,2013,34(13):266-270.
- [14]胡芬,李小定,熊善柏,等.5种淡水鱼肉的质构特性及与营养成分的相关性分析[J].食品科学,2011,32(11):69-77.
- [15]Ding Y Q, Liu Y M, Xiong S B. The comparative study on nutritional components between the muscle of *Elopichthys bambusa* and *Ctenopharyngodon idellus* [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2011, 45(4): 374-379.
- [16]屠康,姜松,朱文学.食品物性学[M].南京:东南大学出版社,2006:115.
- [17]Johnsen C A, Hagen Ø, Bendiksen E Å. Long-term effects of high-energy, low-fishmeal feeds on growth and flesh characteristics of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) [J]. Aquaculture, 2011, 312(1): 109-116.
- [18]乐贻荣,肖炜,邹芝英,等.奥尼罗非鱼肌肉营养成分分析和营养价值评定[J].中国农学通报,2015,31(11):88-93.
- [19]邴旭文,蔡宝玉,王利平.中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J].中国水产科学,2005,12(2):211-215.
- [20]赵婷婷,刘奕,汪学杰,等.布氏罗非鱼肌肉营养成分分析与评价[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(2):184-189.
- [21]缪凌鸿,刘波,何杰,等.吉富罗非鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J].上海海洋大学学报,2010,19(5):635-641.
- [22]张立坚,杨会邦,张俊杰,等.罗非鱼不同组织脂肪酸含量的分析[J].淡水渔业,2010,40(2):36-40.
- [23]林福云,熊金萍,郭红卫.人血清总脂肪酸的气相色谱分析[J].国家卫生检验杂志,2005,15(1):35-37.
- [24]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.
- [25]林树茂,李海华,钟赛意.不同禽类肌肉脂肪酸组成的比较研究[J].中国畜牧杂志,2004,40(12):18-20.
- [26]Rørå A M B, Kvåle A, Mørkøre T, et al. Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristics [J]. Food Research International, 1998, 31(8): 601-609.
- [27]Sérot T, Regost C, Prost C, et al. Effect of dietary lipid sources on odour-active compounds in muscle of turbot (*Psetta maxima*) [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001, 81(14): 1339-1346.