

郜卫华, 谢芳丽, 胡伟, 等. 3 龄长吻鲢肌肉营养成分分析与评价[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 163–167.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.045

3 龄长吻鲢肌肉营养成分分析与评价

郜卫华^{1,2}, 谢芳丽¹, 胡伟¹, 曹志华¹, 田罗³, 夏虎⁴, 许巧情^{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:为了解长吻鲢肌肉营养价值, 用常规方法分析 3 龄长吻鲢肌肉中营养成分组成与含量。结果显示, 3 龄长吻鲢背部水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分含量分别为 74.15%、17.51%、8.96%、0.97%; 腹部水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分含量分别为 75.03%、15.17%、10.13%、1.05%; 背腹部肌肉中共检测出 18 种氨基酸(除色氨酸), 总鲜质量含量分别为 14.65%、14.05%, 必需氨基酸指数(EAAI)分别为 81.06、82.39。根据 AAS 的评分标准得出, 长吻鲢的第 1 限制性氨基酸为缬氨酸, 第 2 限制性氨基酸为蛋-胱氨酸; CS 的评分结果表明, 长吻鲢的第 1 限制性氨基酸为蛋-胱氨酸, 第 2 限制性氨基酸为缬氨酸、异亮氨酸。此外, 结果表明, 鲜味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸)的鲜质量含量为 5.27%~5.44%。研究首次测定了长吻鲢背腹部肌肉中 17 种脂肪酸占肌肉鲜质量的比例, 其中单不饱和脂肪酸含量为 27.68%~28.43%, 多不饱和脂肪酸含量为 16.06%~24.29%, n-3、n-6 系列多不饱和脂肪酸比值为 (2.63~4.05):1, EPA、DHA 总量达到 10.66%~18.27%。综上所述, 3 龄长吻鲢具有较高的食用价值、养殖价值。

关键词:长吻鲢; 肌肉成分; 质构特性; 氨基酸; 脂肪酸; 营养价值

中图分类号: S965.199.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0163-05

长吻鲢(*Leiocassis longirostris*) 别称江团、肥沱, 属鲴形目鲴科鲴属, 主要分布于我国长江干、支流区域, 属肉食性底层鱼, 其肉质鲜嫩、味道鲜美, 是我国名贵的淡水经济鱼种。近年来, 由于过度捕捞、环境污染、人为干扰等, 长吻鲢野生种群资源量急剧下降, 远不能满足市场需要, 因此我国长江流域均已开展长吻鲢人工养殖。目前, 有关长吻鲢的报道主要集中在养殖、营养需要、疾病防治、遗传基因和生物学特性方面^[1-7], 有关养殖长吻鲢肉质评价的研究较少^[8-10], 尚未见关于 3 龄长吻鲢肌肉营养特性的报道。鉴于此, 本研究对 3 龄长吻鲢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, 并为养殖长吻鲢的营养需求、饲料配方及其进一步加工、利用提供基础理论依据, 从而推动长吻鲢养殖、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

本试验用 3 龄长吻鲢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长吻鲢 30 尾, 雌、雄各占 1/2, 其体长(38.75±1.06)cm, 体质量(2.10±0.45)kg, 经鉴定为 3 龄。

1.2 取样方法

将 30 尾长吻鲢随机分成 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、腹部肌肉, 其中 1 份样本立刻进行质构特性的分析, 其余样本的操作在冰浴条件下进行, 取 6 尾鱼的肌肉组成 1 个样本, 样品制备后于 -20℃ 冰箱保存待测。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 2 份, 1 份进行一般营养成分测定, 1 份进行氨基酸、脂肪酸组成的测定。

1.3 指标测定

质构特性测定:选取背部、腹部完整的新鲜肌肉块, 裁剪成 5 mm×5 mm×3 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]进行质地剖面分析法(texture profile analysis, 简称 TPA)测定, 具体操作参照吴凡等的方法^[11], 检测肌肉的硬度、凝聚性、弹性、回复性、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; 粗蛋白含量的测定采用凯氏定氮法(GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》); 粗脂肪含量的测定采用索氏抽提法(GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》); 粗灰分的测定采用灼烧称质量法(GB/T 5009.4—2010《食品中灰分的测定》)。

氨基酸含量的测定:以混合冻干粉为样本, 测定 5 个重复的长吻鲢样本的氨基酸含量。具体操作: 称取约 20 mg 冷冻干燥肌肉粉置于玻璃试管中, 加入 5 mL 过氧甲酸, 在 0℃ 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℃ 终止氧化 30 min; 接着加入 25 mL 盐酸苯酚溶液(体积

收稿日期: 2016-11-11

基金项目: 广东省海洋生物技术重点实验室开放基金(编号: GP-KLMB201403); 湖北省教育厅项目(编号: B2016035); 长江大学工程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: 郜卫华(1977—), 女, 湖北襄阳人, 博士, 讲师, 主要从事水产营养与饲料科学研究。E-mail: gwh105@126.com。

通信作者: 许巧情, 博士, 教授, 主要从事水产分子生物学研究。

E-mail: 35507883@qq.com。

比 1 : 1), 于 110 ℃ 烘箱中水解 24 h; 再加入内标正亮氨酸、19 mL 3mol/L NaOH 溶液、pH 值 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 μm 滤膜过滤, 取 20 μL 滤液与氨基酸标准品一起上机测定。所用氨基酸分析仪为英国 Biochrom 30 +。

脂肪酸含量的测定: 将 5 个重复的长吻鮠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: 精准称量约 5 mg 冷冻干燥肌肉粉并记录, 置于 20 mL 顶空瓶中; 加 2 mL 浓硫酸甲醇溶液 (体积比 1 : 19)、300 μL 甲苯、25 μL 0.2% (质量比) BHT 甲醇溶液, 涡旋 1 min, 然后置于 90 ℃ 恒温水浴锅中甲酯化 1.5 h; 反应完成后在样本中加入 2 mL 0.9% (质量分数) 氯化钠水溶液、10 μL 5 mg/mL 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, 所用气相色谱仪为美国 Agilent 7890A。色谱条件: 色谱柱 HP-FFAP (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm), 进样口温度 260 ℃, 检测器温度 280 ℃; 程序升温: 150 ~ 210 ℃ (10 ℃/min, 6 min) → 210 ℃ (6 min) → 210 ~ 230 ℃ (20 ℃/min, 1 min) → 230 ℃ (7 min), 载气 (N₂) 流量: 3 mL/min, 燃气 (H₂) 流量: 47 mL/min, 助燃气 (Air) 流量: 400 mL/min, 分流比 1 : 20, 压力 156.132 Pa, 进样量 2.0 μL。本试验所采用脂肪酸标准品为 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 C_{17:0} 的峰面积、质量, 求得 17 种脂肪酸占冷冻干燥肌肉粉的质量分数 (%), 最终转换为占鲜肉的质量分数 (%)。

营养品质评价方法: 将所测得必需氨基酸换算成 1 g 蛋白质中的氨基酸质量 (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) 于 1973 年建议的氨基酸评分标准模式、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):

$$AAS = \frac{\text{样品氨基酸含量 (mg/g)}}{\text{WHO 成人同种氨基酸需要量 (mg/g)}} \times 100;$$
$$CS = \frac{\text{样本氨基酸含量 (mg/g)}}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量 (mg/g)}} \times 100;$$
$$EAAI = [(100A/AE) \times (100B/BE) \times \cdots \times (100H/HE)]^{1/n}。$$

式中: *n* 为比较的氨基酸数, 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、SPSS19.0 软件进行统计分析, 结果以“平均值 ± 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

由表 1 可以看出, 3 龄长吻鮠腹部粗脂肪含量显著高于背部 ($P < 0.05$), 水分、粗灰分和粗蛋白含量之间差异不显著。肌肉是鱼体的主要营养部位, 蛋白质、脂肪等是肌肉的主要营养成分, 它们的种类组成、含量是鱼类营养价值的体现, 对鱼肌肉品质的评价起着重要作用^[12]。在本试验中, 3 龄长吻鮠蛋白含量为 15.17% ~ 15.71%, 低于其他经济鱼类、常见优质淡水鱼类; 3 龄长吻鮠粗脂肪含量 (8.96% ~ 10.13%) 却远高于进行比较的几种鱼类^[12-18]; 3 龄长吻鮠水分、粗灰分含量介于进行比较的几种鱼类之间 (表 1)。研究结果表明, 与淡水鱼相比, 长吻鮠具有较低的粗蛋白含量、较高的粗脂肪含量。脂肪含量与肉质、风味有着密切的关系^[19], 随着肌间脂肪含量的增加, 肉的柔嫩度、多汁性、香味都会有所增加^[20], 因此, 拥有较高粗脂肪含量的长吻鮠的肉质可能会更加鲜嫩细腻。

表 1 长吻鮠肌肉与其他几种淡水鱼类的基本营养成分分析结果 (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 (%)
长吻鮠 (背部)	74.15 ± 0.88a	0.97 ± 0.22a	8.96 ± 0.41a	15.71 ± 0.35a
长吻鮠 (腹部)	75.03 ± 1.10a	1.05 ± 0.72a	10.13 ± 0.20b	15.17 ± 0.02a
沙塘鳢 ^[13]	78.08	1.30	1.11	18.26
斑点叉尾鮰 ^[14]	78.80	0.90	3.90	16.69
罗非鱼 ^[17]	77.90	1.09	2.65	18.70
黄颡鱼 ^[12]	77.97	1.00	5.24	15.79
鳊鱼 ^[15]	80.03	1.21	0.70	18.06
草鱼 ^[18]	81.02	1.03	1.40	16.56
鳙鱼 ^[16]	72.87	1.10	6.60	18.61

注: 同列数据后标有不同小写字母者表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 肌肉质构特性指标

质构特性是食品 4 大品质 (外观、风味、营养、质构) 要素之一^[21]。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、弹性反映鱼肉的生物体弹性^[11]。目前, 还未见关于长吻鮠质构特性的报道。由表 2 可以看出, 本试验中 3 龄长吻鮠背部硬度极显著高于腹部 ($P < 0.01$), 咀嚼性极显著低于腹部 ($P < 0.01$), 弹性、胶黏性显著高于腹部 ($P <$

0.05), 凝聚性显著低于腹部 ($P < 0.05$)。胡芬等对淡水鱼肉的质构指标进行主成分分析后得出, 硬度、弹性是反映肌肉品质的主要特质^[22]。与其他经济鱼类相比, 长吻鮠的背部肌肉硬度、弹性都高于鲫鱼、鲤鱼、草鱼^[23], 与黄颡鱼^[12]指标持平。一般来说, 鱼体在成长的过程中, 肉质变硬, 弹性增强, 口感会更好^[22]。本试验所用的鱼是 3 龄长吻鮠, 体质量已经达到 2 100 g。因此, 上述原因可能是 3 龄长吻鮠质构特性指标高于其他淡水鱼类的原因。与长吻鮠相比, 黄颡鱼也是一种蛋白含量较低、脂肪含量较高的淡水鱼类, 这也许是这 2 种鱼肌肉硬度、弹性相一致的原因。因此可见, 3 龄长吻鮠具有硬

表 2 长吻鲩肌肉质构特性与我国常见经济鱼类的比较

鱼类	硬度(g)	弹性	凝聚性	胶黏性(g)	咀嚼性(g)	回复性
长吻鲩(腹部)	757.50 ± 34.45B	0.49 ± 0.05b	0.64 ± 0.49b	881.04 ± 466.10b	932.81 ± 300.07B	0.41 ± 0.09
长吻鲩(背部)	2 265.50 ± 49.35A	0.61 ± 0.27a	0.55 ± 0.08a	964.15 ± 110.19a	199.70 ± 111.22A	0.40 ± 0.04
鲫鱼 ^[22]	1 804.0	0.24	0.47	995.5	243.90	0.28
鲤鱼 ^[22]	298.5	0.24	0.47	126.0	31.34	0.23
草鱼 ^[22]	697.6	0.25	0.48	337.3	63.46	0.30
黄颡鱼 ^[12]	2 621	0.51	0.35	925.7	484.60	0.26

注:同列数据后标有不同大写、小写字母者分别表示差异极显著($P < 0.01$)、显著($P < 0.05$)。表 3、表 6 同。

度大、弹性高的主要特点。

2.3 肌肉氨基酸含量及其营养评价

本试验中共检测出 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 可以看出,背部肌肉中亮氨酸、赖氨酸、天冬氨酸、谷氨酸含量显著高于腹部($P < 0.05$),其余氨基酸含量之间差异均不显著;背部、腹部氨基酸总含量(TAA)分别为 14.65%、14.05%,谷氨酸含量最高(2.20% ~ 2.32%),其次为天冬氨酸(1.44% ~ 1.52%)、赖氨酸(1.34% ~ 1.42%),含量最低的是胱氨酸(0.14% ~ 0.15%),其次是牛磺酸(0.20% ~ 0.23%)。这一结论与养殖南方大口鲶^[24]、黄颡鱼^[12]等研究结果较为一致,说明近亲鱼不仅外形相似,在营养成分方面也有相似的特征。笔者前期研究还表明,肌肉必需氨基酸占总氨基酸的 38.43% ~ 38.70%,其中赖氨酸含量最高,甲硫氨酸含量最低。

由表 4 可知,长吻鲩背部赖氨酸的 AAS、CS 评分结果最高,分别为 1.62、1.25,腹部赖氨酸的 AAS、CS 评分结果也最高,分别为 1.66、1.28,含量皆超过 FAO 推荐值和全鸡蛋水平。根据 AAS 评分,背部缬氨酸的得分最低,其次为蛋-胱氨酸;腹部缬氨酸的得分最低,其次为异亮氨酸,即缬氨酸为首要限制性氨基酸。根据 CS 评分,背部蛋-胱氨酸的得分最低,其次为缬氨酸、异亮氨酸,即蛋-胱氨酸为首要限制性氨基酸;腹部缬氨酸的得分最低,其次为异亮氨酸、蛋-胱氨酸。背腹部 EAAI 指数分别为 81.06、82.39。由以上结果可知,长吻鲩配合饲料中可适当调整缬氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸等限制性氨基酸比例,以提高养殖长吻鲩肌肉的营养价值。

蛋白质的营养价值主要由氨基酸种类、EAA 含量及 EAA 之间的比例共同决定的,食品中任何一种 EAA 含量过多或过酸的含量超过 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,又可以提高人体对蛋白质的利用率^[26]。从 EAAI 上看,3

表 4 长吻鲩背部和腹部 AAS、CS、EAAI 的比较

项目	FAO 评分模式 (mg/g)	鸡蛋蛋白含量 (mg/g)	背部			腹部		
			含量(mg/g)	AAS	CS	含量(mg/g)	AAS	CS
异亮氨酸	250	331	260	1.04	0.79	261	1.04	0.79
亮氨酸	440	534	452	1.03	0.85	465	1.06	0.87
赖氨酸	340	441	551	1.62	1.25	564	1.66	1.28
蛋-胱氨酸	220	387	222	1.01	0.58	228	1.20	0.80
苯丙-酪氨酸	380	565	453	1.19	0.80	457	1.20	0.81
苏氨酸	250	292	272	1.09	0.93	276	1.10	0.95
缬氨酸	310	410	265	0.85	0.64	267	0.86	0.65
EAAI 值			81.06			82.39		

注:FAO 评分模式、鸡蛋蛋白含量、背部、腹部均以单位质量氮含量计。

表 3 长吻鲩氨基酸的鲜质量含量

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)	1.17 ± 0.03a	1.10 ± 0.02b
	甲硫氨酸(Met)	0.42 ± 0.03	0.40 ± 0.03
	缬氨酸(Val)	0.67 ± 0.02	0.64 ± 0.04
	异亮氨酸(Ile)	0.65 ± 0.03	0.63 ± 0.02
	苯丙氨酸(Phe)	0.65 ± 0.04	0.63 ± 0.01
	苏氨酸(Thr)	0.69 ± 0.05	0.66 ± 0.05
	赖氨酸(Lys)	1.42 ± 0.08a	1.34 ± 0.07b
	精氨酸(Arg)	0.90 ± 0.02	0.86 ± 0.01
	组氨酸(His)	0.36 ± 0.02	0.35 ± 0.02
	天冬氨酸(Asp)	1.52 ± 0.07a	1.44 ± 0.06b
非必需氨基酸(NEAA)	丙氨酸(Ala)	0.83 ± 0.07	0.81 ± 0.05
	谷氨酸(Glu)	2.32 ± 0.09a	2.20 ± 0.12b
	甘氨酸(Gly)	0.77 ± 0.04	0.82 ± 0.06
	丝氨酸(Ser)	0.63 ± 0.02	0.61 ± 0.03
	胱氨酸(Cys)	0.15 ± 0.03	0.14 ± 0.03
	脯氨酸(Pro)	0.61 ± 0.05	0.61 ± 0.02
	酪氨酸(Tyr)	0.49 ± 0.05	0.46 ± 0.02
	牛磺酸(Taurine)	0.23 ± 0.01	0.20 ± 0.02
	氨基酸总量(TAA)	14.65	14.05
	必需氨基酸总量(EAA)	5.67	5.40
非必需氨基酸总量(NEAA)		8.98	8.65
鲜味氨基酸总量(DAA)		5.44	5.27
DAA 占 TAA 比例(%)		37.13	37.51
EAA 占 TAA 比例(%)		38.70	38.43
EAA 占 NEAA 比例(%)		63.14	62.43

注:同行数据后标有不同小写字母者表示差异显著($P < 0.05$)。表 6 同。

龄长吻鲩除低于匙吻鲟^[27]外,皆高于奥尼罗非鱼^[17]、沙塘鳢^[13]、鲮鱼^[15]、草鱼^[18]、鲢鱼^[16](表 5),由此也可反映长吻鲩具有较高的营养价值。另外,从鲜味氨基酸(delicious amino acid,简称 DAA)含量方面来看,3 龄长吻鲩肌肉鲜味氨基

酸总量占总氨基酸比例(37.13%~37.51%)高于沙塘鳢^[13]、草鱼^[18]、鳊鱼^[16],虽然低于奥尼罗非鱼^[17]、匙吻鲟^[27]、鳙鱼^[15],但相互之间比例很接近(表5)。由此可见,长吻鮠肌肉的鲜味氨基酸含量较为丰富,说明长吻鮠是一种味道鲜美的鱼类。

表 5 长吻鮠肌肉与其他几种经济鱼类的氨基酸含量比较				
鱼类品种	DAA 占 TAA 比例(%)	EAA 占 TAA 比例(%)	EAA/NEAA 值	EAAI 值
长吻鮠	37.13	38.70	63.14	81.06
沙塘鳢 ^[8]	36.42	39.75	77.92	74.86
奥尼罗非鱼 ^[12]	39.11	40.99	69.46	67.68
匙吻鲟 ^[29]	39.94	38.42	50.96	82.40
鳊鱼 ^[10]	40.44	37.54	73.00	65.64
草鱼 ^[14]	21.86	42.99	75.42	66.10
鳊鱼 ^[30]	31.25	46.36	86.00	72.01

2.4 肌肉脂肪酸含量

本试验测定了3龄长吻鮠背部、腹部肌肉中17种脂肪酸的含量,其中有5种饱和脂肪酸(SFA)(C_{10:0}、C_{14:0}、C_{16:0}、C_{18:0}、C_{20:0}),占脂肪酸总量的30.20%~34.20%;不饱和脂肪酸共12种,其中单不饱和脂肪酸(MUFA)有3种(C_{16:1}、C_{18:1n-9}、C_{20:1}),占脂肪酸总量的37.19%~42.07%;多不饱和脂肪酸(PUFA)有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}),占脂肪酸总量的23.76%~32.63%;n-6多不饱和脂肪酸(n-6 PUFA)有3种(C_{18:2n-6}、C_{18:3n-6}、C_{20:3n-6}),占脂肪酸总量的6.37%~6.42%;n-3多不饱和脂肪酸(n-3 PUFA)有4种(C_{18:3n-3}、C_{20:3n-3}、C_{20:5n-3}和C_{22:6n-3}),占脂肪酸总量的16.90%~25.82%(表6)。

在饱和脂肪酸中,背部、腹部都是以C_{16:0}为主,分别占总脂肪酸的21.74%、19.08%,背部C_{14:0}含量显著性高于腹部($P<0.05$),其余4种之间差异不显著;在单不饱和脂肪酸中,背部、腹部都是以C_{18:1n-9}为主,分别占总脂肪酸的29.79%、26.47%,背部C_{16:1}、C_{20:1}含量显著高于腹部($P<0.05$),C_{18:1n-9}含量之间差异不显著;在n-6多不饱和脂肪酸中,背部、腹部都是以C_{18:2n-6}为主,分别占总脂肪酸的5.82%、5.79%,背部C_{18:2n-6}、C_{20:3n-6}含量皆低于腹部,其中C_{18:2n-6}、C_{20:3n-6}含量之间达到显著性水平($P<0.05$);在n-3多不饱和脂肪酸中,背部、腹部以C_{22:6n-3}为主,分别占总脂肪酸的12.09%、19.23%,背部C_{18:3n-3}、C_{20:3n-3}、C_{20:5n-3}、C_{22:6n-3}含量皆低于腹部,C_{18:3n-3}、C_{20:5n-3}(EPA)、C_{22:6n-3}(DHA)含量差异达到显著水平($P<0.05$)。腹部的EPA+DHA总量(18.27%)显著高于背部(10.66%),而且前者约为后者2倍。总体来说,长吻鮠背部、腹部均含丰富的不饱和脂肪酸,MUFA+PUFA分别占总脂肪酸的65.83%、69.82%,其中n-3系列PUFA含量分别占脂肪酸的16.90%、25.82%,n-3/n-6值分别达到2.63、4.05(表6)。

以往对水产品中的脂肪酸含量多测定相对百分含量,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^[28-29],求得各脂肪酸占冷冻干燥肌肉粉的质量分数,再转换为占鲜肉质量的千分比,这在长吻鮠上是首次报

表 6 长吻鮠脂肪酸的鲜质量含量				
脂肪酸名称	背部脂肪酸含量(%)	背部脂肪酸占总脂肪酸的比例(%)	腹部脂肪酸含量(%)	腹部脂肪酸占总脂肪酸的比例(%)
C _{10:0}	0.05±0.003a	0.07	0.02±0.00a	0.03
C _{14:0}	3.83±0.03a	5.67	3.68±0.04b	4.94
C _{16:0}	14.69±0.11a	21.74	14.20±2.12a	19.08
C _{16:1}	6.35±0.08a	9.40	6.14±0.75b	8.25
C _{18:0}	4.28±0.07a	6.33	4.32±1.14a	5.80
C _{18:1n-9}	20.13±3.29a	29.79	19.70±3.26a	26.47
C _{18:2n-6}	3.93±0.10a	5.82	4.31±1.55b	5.79
C _{18:3n-6}	0.17±0.02	0.25	0.13±0.02a	0.17
C _{18:3n-3}	0.65±0.04a	0.96	0.81±0.05b	1.09
C _{20:0}	0.26±0.01a	0.38	0.26±0.01a	0.35
C _{20:1}	1.95±0.06a	2.89	1.84±0.04b	2.47
C _{20:2}	0.27±0.01	0.40	0.30±0.02	0.40
C _{20:3n-6}	0.24±0.02a	0.36	0.30±0.05b	0.40
C _{20:3n-3}	0.11±0.02	0.16	0.14±0.02	0.19
C _{20:5n-3} (EPA)	2.49±0.16a	3.68	3.96±1.03b	5.32
C _{22:2}	0.03±0.00	0.04	0.03±0.01	0.04
C _{22:6n-3} (DHA)	8.17±0.14a	12.09	14.31±4.66b	19.23
总EFA	67.58±10.88a		74.43±8.65b	
ΣSFA	23.11±5.42	34.20	22.48±4.16	30.20
ΣMUFA	28.43±4.53	42.07	27.68±7.03	37.19
Σn-6PUFA	4.34±2.02a	6.42	4.74±1.77b	6.37
Σn-3PUFA	11.42±3.11a	16.90	19.22±2.32b	25.82
ΣPUFA	16.06±5.23a	23.76	24.29±10.54b	32.63
EPA+DHA	10.66±4.22a	15.77	18.27±3.54b	24.55

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。

随着社会发展,必需脂肪酸的最佳摄入量、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,ΣSFA:ΣMUFA:ΣPUFA为1:1:1为最佳,多不饱和脂肪酸n-6、n-3的适宜比值为(4~6):1^[30]。目前我国居民主要饮食脂肪源即家禽肉类、植物油的n-6、n-3的比值均远大于该值^[31],说明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n-3、n-6高不饱和脂肪酸的主要来源。在本试验中,长吻鮠背部、腹部n-3PUFA含量占总脂肪酸的16.90%~25.82%,背部n-3/n-6值为2.63,腹部n-3/n-6值为4.05,可以提高膳食中缺乏的n-3PUFA含量。

脂肪是加热产生香气成分不可缺少的物质^[32],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、DHA^[33],同时也在一定程度上反映肌肉的多汁性。EPA、DHA主要存在于鱼类脂肪内,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、DHA对心血管疾病及老年性痴呆具有治疗、保健作用。3龄长吻鮠的EPA、DHA含量显著高于鳊鱼^[15]、草鱼^[18]、布氏罗非鱼^[34]等。说明长吻鮠的EPA、DHA含量丰富,营养价值高。

3 结论

采用常规生化分析方法对3龄长吻鮠肌肉营养成分进行

了分析评价。结果表明,3 龄长吻鲢是一种低蛋白、高脂肪的鱼;质构特性的结果显示,3 龄长吻鲢具有硬度大、弹性高的特点。背、腹部肌肉中共检测出 18 种氨基酸(除色氨酸),总量分别为 14.65%、14.05%(鲜样),必需氨基酸指数(EAAI)分别为 81.06、82.39。根据 AAS 的评分标准得出,长吻鲢的第 1 限制性氨基酸为缬氨酸,第 2 限制性氨基酸为蛋-胱氨酸;而 CS 的评分结果表明,长吻鲢的第 1 限制性氨基酸为蛋-胱氨酸,第 2 限制性氨基酸为缬氨酸、异亮氨酸。本研究首次测定了长吻鲢背部肌肉中 17 种脂肪酸占肌肉鲜质量的比例,其中单不饱和脂肪酸含量为 27.68%~28.43%,多不饱和脂肪酸含量为 16.06%~24.29%,n-3、n-6 系列多不饱和脂肪酸比值为(2.63~4.05):1,EPA、DHA 总量达到 10.66%~18.27%。综上所述,3 龄长吻鲢具有较高的食用价值、养殖价值。

参考文献:

- [1] 陈斌,彭淇,梁文,等. 长吻鲢幼鱼日粮中常量营养物质适宜需求量的研究[J]. 大连海洋大学学报,2013,28(2):179-184.
- [2] 李育培,盛晓洒,权衡. 长吻鲢营养需求研究综述[J]. 中国水产,2008,388(3):68-69.
- [3] Xiao M S, Xia H W, Ma Y H, et al. Genetic variation of the Chinese longsnout catfish *Leiocassis longirostris* in the Yangtze River revealed using mitochondrial DNA cytochrome b sequences[J]. Acta Ecologica Sinica,2012,32(6):305-313.
- [4] Shen T, Xu S X, Yang M, et al. Molecular cloning, expression pattern, and 3D structural analysis of the MHC class IIb gene in the Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris*) [J]. Veterinary Immunology and Immunopathology,2011,141(1/2):33-45.
- [5] Zhu X M, Xie S Q, Lei W, et al. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition[J]. Aquaculture,2005,248(1/2/3/4):307-314.
- [6] Liu B Z, Zhu X M, Lei W, et al. Effects of different weaning strategies on survival and growth in Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Gunther) larvae[J]. Aquaculture,2012,364/365(1):13-18.
- [7] 陈达丽,张其中,王志坚,等. 长吻鲢幼鱼小瓜虫病的组织学观察[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2004,29(2):278-281.
- [8] 陈定福,何学福,周启贵,等. 长吻鲢与大鳍鲢的含肉率及鱼肉营养成分的比较研究[J]. 淡水渔业,1988,18(5):21-23.
- [9] 黄朝芳,郑宗林,何文平. 长吻鲢肌肉水溶性氨基酸风味成分的提取及比较分析[J]. 河南水产,2011(3):34-36.
- [10] 张升利,孙向军,张欣,等. 长吻鲢含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 大连海洋大学学报,2013,28(1):83-88.
- [11] 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.
- [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,2014,39(1):193-196.
- [13] 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):147-151.
- [14] 马玲巧,亓成龙,曹静静,等. 水库网箱和池塘养殖斑点叉尾鲴肌肉营养成分和品质的比较分析[J]. 水产学报,2014,38(4):531-537.
- [15] 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):83-88.
- [16] 王苗苗,王海磊,罗庆华,等. 鲢鱼肌肉营养成分测定及评价[J]. 食品科学,2014,35(15):238-242.
- [17] 乐皓荣,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.
- [18] 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.
- [19] Ackman R G. Seafood lipids and fatty acids[J]. Food Reviews International,1990,6(4):617-646.
- [20] 张先勤,葛长荣. 中草药添加剂对生长育肥猪胴体特性和肉质的影响[J]. 云南农业大学学报,2002,17(1):45-49.
- [21] 屠康,姜松,朱文学. 食品物性学[M]. 南京:东南大学出版社,2006:115.
- [22] 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):69-73.
- [23] 丁玉琴,刘友明,熊善柏. 鲢与草鱼肌肉营养成分的比较研究[J]. 营养学报,2011,33(2):196-198.
- [24] 张凤桦,宋军,张瑞,等. 养殖南方大口鲇肌肉营养成分分析和品质评价[J]. 食品科学,2012,33(17):274-278.
- [25] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响[J]. 中国食物与营养,2005,11(7):48-49.
- [26] 邴旭文,蔡宝玉,王利平,等. 中华倒刺鲃的肌肉营养与品质的评价[J]. 中国水产科学,2005,12(2):211-215.
- [27] 吉红,孙海涛,单世涛. 池塘鱼网箱养殖匙吻鲟肌肉营养成分及品质评价[J]. 水产学报,2011,35(2):261-267.
- [28] 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.
- [29] 林福云,熊金萍,郭红卫. 人血清总脂肪酸的气相色谱分析[J]. 中国卫生检验杂志,2005,15(1):35-37.
- [30] 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.
- [31] 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.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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.