

翘嘴鲌及其亲本肌肉营养成分分析

何周玲, 刘少军*, 肖 军, 胡方舟, 文 明, 叶利海,
张 纯, 徐 康, 陶 敏, 罗凯坤, 刘 筠
(湖南师范大学生命科学学院, 湖南 长沙 410081)

摘要: 为研究新型杂交鱼翘嘴鲌(二倍体鲌 F_1 ♀×团头鲌♂)的肌肉营养价值,实验运用生化方法测定和分析了翘嘴鲌、翘嘴红鲌、团头鲌、二倍体鲌 F_1 (团头鲌♀×翘嘴红鲌♂)的肌肉营养成分,包括这些样品的水分、脂肪、蛋白质和灰分含量,以及脂肪酸组成和氨基酸组成。结果表明,翘嘴鲌与其原始亲本相比具有较高的蛋白质和较低的碳水化合物含量;脂肪酸分析发现翘嘴鲌的不饱和脂肪酸,尤其是油酸、DHA 等含量显著高于其原始父母本和其他有关鱼类($P < 0.05$);翘嘴鲌肌肉中具有较高呈味氨基酸比例,该比例高于其父母本的相应比例。研究表明,翘嘴鲌是一种营养价值高、口感好的优质鱼类。

关键词: 远缘杂交; 杂交品系; 肌肉营养; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S 963

文献标志码: A

淡水鱼具有丰富的蛋白质、不饱和脂肪酸、维生素和人体必需矿物质^[1],是重要的动物食品。脂肪是人类饮食的重要组成部分,但摄入过多的脂肪或者不均衡的脂肪类型对健康有着负面影响^[2]。脂肪在心脏、肝和脂肪等组织中过多异位沉积将导致肥胖及相关疾病,如非酒精性脂肪性肝炎,肝纤维化,肝硬化和癌症等^[3-5]。摄入过多的饱和脂肪(SFA)会导致脂肪的积累和炎症的发生,而食用多不饱和脂肪酸(PUFA)能控制 SFA 的氧化和单不饱和脂肪酸(MUFA)的合成,从而降低肝脏脂肪含量^[6-8]。淡水鱼的脂肪含较低的 n-6/n-3 不饱和脂肪酸比例^[9],可改善人们营养架构,降低心血管疾病的风险^[10-12]。鱼肉蛋白质的必需氨基酸模式极接近人体需求,人体对其消化吸收率可高达 95%^[13],是理想的动物蛋白来源。目前渔业发展中,面临着自然鱼类资源减少,水资源和养殖面积有限等情况,有必要研制出更多的具有生长速度快、肉质好、抗逆性强等优点的优良鱼类。

远缘杂交(distant hybridization)是指种间、属间乃至亲缘关系更远的生物类型之间的杂交。远缘杂交可以使基因组从一个物种转移到另一个物种中,从而导致杂交后代的表现型和基因型都发生改变^[14]。长期以来,本实验室在团头鲌(*Megalobrama amblycephala*,简称 BSB)和翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*,简称 TC)的远缘杂交研究方面开展了一系列的研究,获得了团头鲌为母本,翘嘴红鲌为父本的杂交 F_1 (鲌 F_1 ,简称 BT $_1$),以及翘嘴红鲌为母本,团头鲌为父本的杂交 F_1 (鲌 F_1)。研究结果表明,鲌 F_1 与鲌 F_1 中的二倍体均为完全两性可育型。目前,已经成功获得了二倍体鲌 F_2 与鲌 F_2 群体以及鲌 F_3 与鲌 F_3 群体^[15]。两性可育异源鲌品系($F_1 \sim F_3$)的成功构建,为鲌远缘杂交遗传育种的提供了重要的遗传变异的种质资源,在鱼类遗传育种方面具有重要意义。在此基础上,本实验室利用雌性二倍体鲌 F_1 (2nBT $_1$)与雄性团头鲌交配,研制出具有生长速度快、抗逆性强、受精率和孵化率高的新型

收稿日期:2014-06-23 修回日期:2014-07-24

资助项目:国家自然科学基金重大国际合作项目(31210103918);国家“八六三”高技术研究发展计划(2011AA100403);高等学校博士学科点专项科研基金(20114306130001);湖南省生物发育工程及新产品研发协同创新中心(20134486);湖南省科学技术厅科技计划一般项目(2013RS4067);湖南省教育厅科研项目(12A089);长沙市科技计划重点项目(K1104031-21)

通信作者:刘少军,E-mail:lsj@hunnu.edu.cn

杂交鱼——翘嘴鲌(简称 BTB)^[15]。在食性方面,翘嘴鲌具有草食性的特点,易于养殖。“团头鲂与翘嘴红鲌远缘杂交的方法”和“团头鲂和翘嘴红鲌间杂交品系的建立方法及翘嘴鲌的培养方法”均已获得国家发明专利(授权号:ZL200910227153.9, ZL201210534546.6)。本实验室已对鲂鲌杂交鱼及其亲本的遗传组成、倍性、外形、育性、骨骼发育、微卫星分析和 Hox 基因等重要生物学特性进行了较系统的研究^[15-17],其中发现翘嘴鲌的每肌节平均肌间骨比团头鲂和翘嘴红鲌都少,使得食用价值有所提高。

本研究旨在通过一系列生物化学方法研究和分析翘嘴鲌、翘嘴红鲌、团头鲂与二倍体鲂鲌 F₁ 的肌肉营养成分,揭示其营养价值上的特点。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

实验中所用到的材料鱼翘嘴鲌(二倍体鲂鲌 F₁ ♀ × 团头鲂 ♂)、团头鲂、翘嘴红鲌以及二倍体鲂鲌 F₁(团头鲂 ♀ × 翘嘴红鲌 ♂)有着相同的生长环境,采用相同的饵料饲养,均取自于湖南师范大学“多倍体鱼繁殖与育种技术”教育部工程研究中心。取新鲜肌肉材料, -80 ℃ 冻存备用。

1.2 营养成分测定

水分测定 肌肉中水分的检测,使用冷冻干燥机在 -55 ℃ 下将样本处理 72 h,称量前后重量损失。

脂肪测定 从冻干肌肉组织中,用乙醚为萃取剂,使用索氏提取装置测定脂肪含量,参见国标 GB/T 14772 - 2008。

蛋白质测定 冻干肌肉组织通过凯氏定氮法,使用 FOSS 凯氏定氮仪 Kjeltac2100 测得数据,参见国标 GB 5009.5 - 2010。

灰分测定 已知重量的均匀冻干肌肉样本粉末化后,置于马弗炉中,550 ℃ 下充分燃烧,精确称量处理后的质量,参见国标 GB 5009.5 - 2010。

碳水化合物计算 碳水化合物通过扣除脂肪(F)蛋白质(CP)灰分(A)的质量分数之和来确定,公式:

$$\text{总碳水化合物}(\%) = 100 - (F + CP + A)$$

总能量值的估计(热值) 总能量值每个样品的总能量值是由 CP, F 和总碳水化合物(C)

的含量与对应能量值相乘确定,每 100 g 鱼不同组分各自乘以 16.75、37.68 和 14.75 kJ 的能量值,公式:总能量 = (16.75CP + 37.68F + 16.75C) kJ/100 g。

1.3 脂肪酸组成分析

将冻干鱼肉样本采用甲醇-氯仿法提取脂肪,萃取后充氮挥发氯仿。将所得油样进行甲酯化后进行气相色谱分析(带自动进样器的 Agilent 6890N GC)。分析条件中分离柱为熔融石英毛细管柱(100 m × 0.25 mm × 0.2 μm, CP-Sil 88, Chrompack; Agilent, USA);脂肪酸甲酯标准品为 NuChek-Prep 公司 463 + 4 种 CLA(9c11t-CLA, 8t10c-CLA, 11c13t-CLA, 10t12c-CLA)。

1.4 氨基酸组分分析

鱼肌肉使用酸水解法进行水解,使用日立氨基酸自动分析仪 8900 分析。

1.5 数据统计与分析

使用 SPSS 21.0 软件对数据进行统计和分析比对。

2 结果与分析

2.1 营养组分

营养组分见表 1,在水分值上,翘嘴鲌的水分为 76.56%,明显低于团头鲂(79.88%)、翘嘴红鲌(78.04%)、二倍体鲂鲌 F₁(78.04%)($P < 0.05$)。翘嘴鲌的脂肪含量为 2.18%,略高于翘嘴红鲌的脂肪含量 1.91%(不显著),二者均显著高于团头鲂的 0.90% 和二倍体鲂鲌 F₁ 的 1.04% ($P < 0.05$)。蛋白质含量上面,翘嘴鲌(18.88%)与二倍体鲂鲌 F₁(18.74%)高于团头鲂(16.70%)与翘嘴红鲌(17.85%)($P < 0.05$)。灰分测定中翘嘴红鲌最高(2.01%),二倍体鲂鲌 F₁(1.99%)与翘嘴鲌(1.96%)的含量次之,团头鲂最低(1.80%),但差异不显著。碳水化合物总量中,翘嘴鲌的碳水化合物含量显著低于其他 3 种鱼($P < 0.05$),仅为 76.97%;翘嘴红鲌(78.23%)与二倍体鲂鲌 F₁(78.23%)相近,团头鲂最高(80.60%)。总能量值方面,观察到团头鲂、翘嘴红鲌、二倍体鲂鲌 F₁、翘嘴鲌的总能量值含量相近,分别为 1 651.40、1 677.90、1 660.10、1 680.70 kJ/100 g。因此,相比其他 3 种鱼,翘嘴鲌有着较低的水分含量、较高的蛋白和脂肪含量以及较低的碳水化合物含量。

表 1 4 种鱼肌肉营养成分含量
Tab. 1 Muscle nutritive component of four kinds of fish

	水分/ (g/100 g) moisture	脂肪/ (g/100 g) fat	蛋白质/ (g/100 g) protein	灰分/ (g/100 g) ash	碳水化合物/ (g/100 g) carbohydrates	总能量值/ (kJ/100 g) energy value
团头鲂 (BSB)	79.88 ^{bcd}	0.90 ^{bd}	16.70 ^{cd}	1.80	80.60 ^{bcd}	1 651.40
翘嘴红鲌 (TC)	78.04 ^{ad}	1.91 ^{ac}	17.85	2.01	78.23 ^{ad}	1 677.90
二倍体鲂鲌 F ₁ (2nBT ₁)	78.04 ^{ad}	1.04 ^{bd}	18.74 ^a	1.99	78.23 ^{ad}	1 660.10
翘嘴鳊 (BTB)	76.56 ^{abc}	2.18 ^{ac}	18.88 ^a	1.96	76.97 ^{abc}	1 680.70

注:1. 以上表中数据为平均值。2. a 表示与 BSB 有统计差异, b 表示与 TC 有统计差异, c 表示与 BT 有统计差异, d 表示与 BTB 有统计差异 ($P < 0.05$)

Notes: 1. Means value. 2. values in the same row with letter a, b, c, d for each species show significant differences with BSB, TC, BT, BTB ($P < 0.05$)

2.2 脂肪酸种类与含量

团头鲂、翘嘴红鲌、二倍体鲂鲌 F₁ 和翘嘴鳊的肌肉脂肪酸成分见表 2。从表中可以看出, 4 种鱼均有着很高的不饱和脂肪酸比例, 在总不饱和脂肪酸 (Σ UFA) 含量中, 翘嘴鳊最高, 翘嘴红鲌次之, 团头鲂最低; 其中翘嘴鳊在油酸、DHA 等的含量上显著高于亲本 ($P < 0.05$)。翘嘴鳊总的共轭亚油酸的含量也高于其他 3 种鱼。在亚油酸 (LA)、 γ -亚麻酸 (GLA) 等中, 翘嘴鳊虽低于翘嘴

红鲌却仍然高于其他鱼。4 种鱼均展示出较低的 n-6/n-3 比例, 其中以团头鲂最低 (2.01), 翘嘴红鲌最高 (3.28), 但均低于 4。总体上可得出, 翘嘴红鲌肌肉测得的所有种类的脂肪酸数据基本上都高于团头鲂。二倍体鲂鲌 F₁ 作为团头鲂与翘嘴红鲌的杂交后代, 在单种脂肪酸含量上则基本处于其亲本之间。杂交鱼翘嘴鳊则有着更接近翘嘴红鲌的脂肪酸组成, 并且在部分数据中显著高于翘嘴红鲌。

表 2 4 种鱼肌肉脂肪酸种类以及含量 (干重)
Tab. 2 Fatty acids compositions in the muscle of four kinds of fish

脂肪酸种类 fatty acids	团头鲂 BSB	翘嘴红鲌 TC	二倍体鲂鲌 F ₁ 2nBT ₁	翘嘴鳊 BTB
10:0	1.92 ± 1.26	-	0.48 ± 0.03	2.66 ± 2.12
10:1	0.98 ± 0.52	0.78 ± 0.30	0.30 ± 0.19	0.92 ± 0.81
12:0	4.87 ± 4.59	0.60 ± 0.07	1.05 ± 0.73	6.35 ± 8.26
13:0	1.20 ± 0.00	0.21 ± 0.00	0.19 ± 0.07	-
14:0 iso	-	-	0.03 ± 0.07	-
14:0	13.48 ± 3.54 ^{bcd}	39.69 ± 4.21 ^{ac}	20.01 ± 4.10 ^{abd}	38.09 ± 2.30 ^{ac}
15:0 iso	0.63 ± 0.08 ^{bd}	1.05 ± 0.05 ^{ac}	0.55 ± 0.14 ^{bd}	1.08 ± 0.14 ^{ac}
15:0 ai	0.38 ± 0.02 ^{bd}	0.68 ± 0.03 ^{acd}	0.37 ± 0.11 ^{bd}	0.65 ± 0.06 ^{abc}
9c14:1	0.73 ± 0.01 ^{bd}	1.54 ± 0.26 ^{acd}	0.58 ± 0.04 ^{bd}	1.30 ± 0.19 ^{abc}
15:0	2.66 ± 0.11 ^{bd}	4.23 ± 0.42 ^{ac}	2.47 ± 0.43 ^{bd}	4.46 ± 0.47 ^{ac}
16:0 iso	0.64 ± 0.08 ^{bd}	1.03 ± 0.05 ^{ac}	0.59 ± 0.12 ^{bd}	1.18 ± 0.14 ^{ac}
16:0	161.33 ± 9.94 ^{bcd}	331.06 ± 5.90 ^{acd}	204.58 ± 30.13 ^{abd}	389.84 ± 21.28 ^{abc}
t16:1	3.35 ± 0.47 ^d	4.49 ± 1.10 ^{cd}	2.29 ± 1.28 ^{bd}	6.23 ± 1.12 ^{abc}
7c16:1	4.02 ± 0.67 ^{bd}	7.44 ± 2.14 ^{acd}	4.27 ± 0.93 ^{bd}	9.51 ± 1.47 ^{abc}
8c16:1	0.83 ± 0.22 ^{bd}	1.32 ± 0.06 ^{ac}	0.72 ± 0.07 ^{bd}	1.40 ± 0.45 ^{bd}
9c16:1	33.99 ± 14.49 ^{bd}	108.75 ± 14.69 ^{ac}	51.22 ± 4.28 ^{bd}	110.31 ± 25.23 ^{ac}
11c16:1	0.95 ± 0.52 ^{bd}	1.70 ± 0.12 ^{ac}	0.87 ± 0.10 ^{bd}	2.01 ± 0.44 ^{ac}
17:0	3.09 ± 0.27 ^{bd}	4.39 ± 0.19 ^{ac}	2.70 ± 0.21 ^{bd}	4.80 ± 0.51 ^{ac}
7c17:1	0.87 ± 0.02	-	0.84 ± 0.16	1.81 ± 0.07
8c17:1	0.58 ± 0.11	-	0.39 ± 0.03	0.94 ± 0.02
9c17:1	2.34 ± 0.73 ^{bd}	3.62 ± 0.48 ^{acd}	2.20 ± 0.10 ^{bd}	4.88 ± 0.74 ^{abc}
18:0	53.96 ± 14.54 ^{bd}	92.31 ± 5.73 ^{acd}	58.17 ± 1.81 ^{bd}	111.6 ± 16.92 ^{abc}

续表 2

脂肪酸种类 fatty acids	团头鲂 BSB	翘嘴红鲌 TC	二倍体鲂 F ₁ 2nBT ₁	翘嘴鲌 BTB
t18:1	9.70 ± 2.09 ^{bd}	16.56 ± 2.90 ^{acd}	12.33 ± 1.72 ^{bd}	21.73 ± 2.09 ^{abc}
6c18:1	3.82 ± 0.38 ^{bd}	5.22 ± 0.77 ^{ac}	4.30 ± 1.12 ^{ad}	7.54 ± 0.80 ^{abc}
9c18:1 OA	211.27 ± 34.70 ^{bcd}	589.21 ± 10.51 ^{acd}	311.84 ± 13.36 ^{abd}	755.57 ± 33.73 ^{abc}
11c18:1	28.76 ± 2.74 ^{cd}	—	36.86 ± 1.96 ^{ad}	71.21 ± 0.67 ^{ac}
12c18:1	1.02 ± 0.41 ^{bd}	68.85 ± 3.32 ^{ac}	1.37 ± 0.28 ^{bd}	49.51 ± 34.69 ^{ac}
19:0	1.28 ± 0.11 ^{bcd}	2.21 ± 0.13 ^{acd}	1.05 ± 0.04 ^{abd}	1.98 ± 0.10 ^{acd}
9t12t18:2	0.07 ± 0.16 ^{bcd}	0.73 ± 0.19 ^{acd}	0.39 ± 0.09 ^{ab}	0.60 ± 0.36 ^{ab}
9c12t18:2	0.39 ± 0.00 ^{bd}	0.73 ± 0.19 ^{ac}	0.39 ± 0.09 ^{bd}	0.77 ± 0.13 ^{ac}
9t12c18:2	1.16 ± 0.38 ^{bcd}	2.37 ± 0.19 ^{ac}	1.19 ± 0.37 ^{abd}	2.22 ± 0.29 ^{ac}
9c12c18:2n-6 LA	135.47 ± 21.08 ^{bcd}	338.24 ± 23.93 ^{acd}	168.15 ± 3.19 ^{abd}	301.62 ± 5.15 ^{abc}
20:0	2.18 ± 0.13 ^{bcd}	5.47 ± 0.46 ^{acd}	2.51 ± 0.12 ^{abd}	4.59 ± 0.22 ^{abc}
18:3n-6 GLA	1.27 ± 0.18 ^{bcd}	5.25 ± 0.36 ^{acd}	1.80 ± 0.16 ^{abd}	3.35 ± 0.55 ^{abc}
8c20:1	1.43 ± 0.27 ^{bd}	2.82 ± 0.35 ^{ac}	1.63 ± 0.2 ^{bd}	3.06 ± 0.16 ^{ac}
11c20:1	7.65 ± 1.91 ^{bd}	18.72 ± 1.22 ^{acd}	9.33 ± 1.65 ^{bd}	25.05 ± 1.17 ^{abc}
18:3n-3 ALA	12.58 ± 2.64 ^{bd}	26.54 ± 0.44 ^{ac}	13.81 ± 1.05 ^{bd}	32.54 ± 6.68 ^{ac}
20:2n-6	5.69 ± 1.01 ^{bd}	10.93 ± 1.21 ^{ac}	5.23 ± 0.85 ^{bd}	11.14 ± 0.59 ^{ac}
21:0	2.41 ± 0.34 ^d	2.83 ± 0.54 ^{cd}	1.92 ± 0.19 ^{bd}	3.66 ± 0.73 ^{abc}
22:0	1.54 ± 0.24 ^{bcd}	2.20 ± 0.16 ^{ac}	1.21 ± 0.08 ^{abd}	2.17 ± 0.22 ^{bd}
20:3n-6	11.24 ± 2.09 ^{bd}	25.33 ± 0.50 ^{ac}	10.29 ± 2.74 ^{ac}	20.64 ± 4.73 ^{bd}
22:1n-9	1.09 ± 0.09 ^{bd}	4.13 ± 0.12 ^{ac}	1.06 ± 0.32 ^{bd}	3.59 ± 1.08 ^{ac}
20:3n-3	1.20 ± 0.31 ^d	1.57 ± 0.12 ^{cd}	0.83 ± 0.05 ^{bd}	2.33 ± 0.61 ^{abc}
20:4n-6 AA	45.92 ± 18.59 ^c	42.11 ± 3.77 ^{cd}	18.91 ± 8.64 ^{abd}	32.84 ± 13.3 ^{bd}
23:0	2.04 ± 0.20 ^{bd}	3.94 ± 0.24 ^{ac}	2.15 ± 0.03 ^{bd}	4.65 ± 0.61 ^{ac}
22:2n-6	0.24 ± 0.26 ^{bd}	0.61 ± 0.31 ^{ac}	0.27 ± 0.21 ^{bd}	0.63 ± 0.38 ^{ac}
20:5n-3 EPA	12.87 ± 1.65 ^{bd}	20.08 ± 3.12 ^c	11.24 ± 4.00 ^d	20.74 ± 3.58 ^{ac}
24:0	0.40 ± 0.00 ^{cd}	—	0.50 ± 0.08 ^{ad}	1.00 ± 0.08 ^{ac}
22:3n-3	0.45 ± 0.00 ^{bd}	0.79 ± 0.06 ^{ac}	0.39 ± 0.07 ^{bd}	0.92 ± 0.16 ^{ac}
22:4n-6	6.98 ± 2.02	7.44 ± 2.76	4.66 ± 2.44	9.04 ± 5.09
22:5n-6	16.29 ± 11.81 ^{bcd}	5.56 ± 0.57 ^{ad}	3.20 ± 1.44 ^{abd}	7.00 ± 3.09 ^{abc}
22:5n-3 DPA	5.32 ± 0.80 ^{bd}	8.10 ± 0.33 ^{ac}	4.58 ± 1.30 ^{bd}	9.74 ± 2.08 ^{ac}
22:6n-3 DHA	78.69 ± 11.77 ^{cd}	75.50 ± 9.06 ^{cd}	47.42 ± 21.5 ^{abd}	109.63 ± 35.67 ^{abc}
SFA	251.76 ± 15.93 ^{bcd}	491.70 ± 4.72 ^{acd}	300.10 ± 36.15 ^{abd}	576.65 ± 8.72 ^{abc}
MUFA	298.76 ± 56.99 ^{bcd}	813.72 ± 9.91 ^{acd}	427.49 ± 16 ^{abd}	999.12 ± 54.47 ^{abc}
PUFA	333.98 ± 39.40 ^{bd}	568.05 ± 13.49 ^{ac}	290.71 ± 40.41 ^{bd}	562.05 ± 60.73 ^{ac}
n-3PUFA	110.88 ± 17.03 ^{cd}	132.58 ± 5.20 ^{cd}	78.21 ± 25.86 ^{abd}	175.79 ± 35.32 ^{abc}
n-6PUFA	223.09 ± 55.36 ^{bd}	435.47 ± 18.48 ^{bcd}	212.50 ± 14.78 ^{bd}	386.26 ± 26.39 ^{abc}
CLA	2.67 ± 0.40 ^{bcd}	8.59 ± 0.42 ^{ac}	4.15 ± 0.44 ^{abd}	8.80 ± 1.34 ^{ac}
n-6/n-3	2.01	3.28	2.72	2.20
Σ UFA(%)	71.54	73.75	70.53	73.03
Σ UFA	632.73	1 381.78	718.20	1 561.17

注:1. 以上数据表中“—”为未检测到,a表示与BSB有统计差异,b表示与TC有统计差异,c表示与BT有统计差异,d表示与BTB有统计差异($P < 0.05$)。2. OA:油酸,LA:亚油酸,GLA:γ-亚麻酸,ALA:α-亚麻酸,AA:花生四烯酸,SFA:饱和脂肪酸,MUFA:单不饱和脂肪酸,PUFA:多不饱和脂肪酸,CLA:共轭亚油酸。3. 除n-6/n-3,ΣUFA(%)两项外其他数据单位均一致

Notes:1. In the table, '—' means not detected, values in the same row with letter a, b, c, d for each species show significant differences with BSB, TC, 2nBT₁, BTB ($P < 0.05$). 2. OA: oleic acid, LA: linoleic acid, GLA: γ-linolenic acid, ALA: α-linolenic acid, AA: arachidonic acid, SFA: saturated fatty acids, MUFA: monounsaturated fatty acids, PUFA: polyunsaturated fatty acid, CLA: conjugated linoleic acid. 3. All data shows the same units except n-6/n-3 and ΣUFA(%)

2.3 氨基酸种类与含量

由于色氨酸在酸水解中会被破坏,所以酸水解法共测得 17 种氨基酸。氨基酸组成及含量见表 3。比较测得的团头鲂、翘嘴红鲌、二倍体鲂鲌 F₁、翘嘴鲌的氨基酸含量,发现 4 种鱼单个氨基酸种类含量的差异都较小。翘嘴鲌(18.92%)有着略低于二倍体鲂鲌 F₁(19.02%)但高于其原始父母本(18.14%、18.38%)的总氨基酸含量。在测得的总必需氨基酸部分,翘嘴鲌(6.92%)略低于鲂鲌 F₁(7.01%),但也高于其原始父母本(6.66%、6.70%)。翘嘴鲌总呈味氨基酸(DAA)含量为 8.42%,高于其原始父母本(8.05%、8.04%),也略高于二倍体鲂鲌 F₁(8.31%),并且发现 4 种鱼的 4 类呈味氨基酸中,翘嘴鲌每一项值均为最高,为其甘美程度优于其他鱼提供了证据。

表 3 4 种鱼肌肉氨基酸组成及含量(干重)

Tab.3 Muscle composition and content of amino acids in the muscle of four kinds of fish (g/100 g)

氨基酸 amino acids	团头鲂 BSB	翘嘴红鲌 TC	二倍体鲂鲌 F ₁ 2nBT ₁	翘嘴鲌 BTB
ASP	1.88	1.86	1.96	1.98
THR	0.84	0.85	0.89	0.87
SER	0.77	0.78	0.81	0.81
GLU	3.07	3.08	3.17	3.18
GLY	0.94	0.93	0.94	1.02
ALA	1.09	1.10	1.12	1.17
CYS	0.29	0.29	0.30	0.30
VAL	0.90	0.91	0.97	0.93
MET	0.40	0.44	0.40	0.37
ILE	0.82	0.83	0.87	0.84
LEU	1.52	1.54	1.60	1.60
TYR	0.71	0.73	0.76	0.73
PHE	0.76	0.78	0.81	0.81
HIS	0.64	0.75	0.76	0.73
Lys	1.81	1.79	1.87	1.86
ARG	1.08	1.07	1.11	1.07
PRO	0.62	0.66	0.66	0.66
ΣDAA	8.05	8.04	8.31	8.42
ΣEAA	6.66	6.70	7.01	6.92
total	18.14	18.38	19.02	18.92

注:1. 以上数据表中数据为均值。2. ΣDAA:总呈味氨基酸,ΣEAA:总必需氨基酸

Notes:1. Means value. 2. ΣDAA: Total delicious amino acids, ΣEAA: total essential amino acids

3 讨论

3.1 翘嘴鲌的营养价值

本研究中,翘嘴鲌的水分值为 76.56%,明显

低于其亲本团头鲂、翘嘴红鲌和二倍体鲂鲌 F₁ 中的水分值($P < 0.05$)。在蛋白质方面,翘嘴鲌的蛋白质含量(18.88%)高于二倍体鲂鲌 F₁(18.74%)和团头鲂(16.70%)及翘嘴红鲌(17.85%)的蛋白质含量($P < 0.05$)。翘嘴鲌的碳水化合物总量仅为 76.97%,显著低于二倍体鲂鲌 F₁ 和团头鲂及翘嘴红鲌 3 种鱼的碳水化合物总量($P < 0.05$)。翘嘴鲌肌肉有着较高的蛋白质含量和较低的碳水化合物成分,这表明在平衡饮食方面^[18],翘嘴红鲌是一种不同于亲本而有其自身营养结构特点的新型优质鱼类。

近年来,不饱和脂肪酸已经成为鱼类科研热点,n-6/n-3 不饱和脂肪酸比例低的优质油脂的淡水鱼,能显著改善人们营养架构^[19]降低患心血管疾病的风险^[2,20]。本实验的研究结果表明,所检测的 4 种鱼均有着很高的不饱和脂肪酸比例,其中翘嘴鲌的总不饱和脂肪酸(ΣUFA)含量最高,翘嘴红鲌次之,团头鲂最低。而在已被证实有重要作用的脂肪酸如油酸、α-亚麻酸(ALA)、EPA、DPA、DHA 等的含量中,翘嘴鲌的优势也最显著。翘嘴鲌中总的共轭亚油酸的含量也高于其他 3 种鱼。在亚油酸(LA)、γ-亚麻酸(GLA)等含量方面,翘嘴鲌的含量虽低于翘嘴红鲌却仍然高于团头鲂与二倍体鲂鲌 F₁。α-亚麻酸与 EPA、DPA、DHA 以及亚油酸、γ-亚麻酸等为已知 n-3 及 n-6 系列的重要的人体必需脂肪酸。翘嘴鲌相对于翘嘴红鲌和团头鲂两种鱼在不饱和脂肪酸方面具有明显的优势。

在肉类研究中,鱼肉蛋白质必需氨基酸模式与人体需要极为接近,营养价值高。呈味氨基酸含量是衡量肉质鲜美程度的重要指标之一。在一定程度上,肉类蛋白质的鲜美取决于呈味氨基酸的含量,天冬氨酸(ASP)与谷氨酸(GLU)属于呈鲜味氨基酸的成分,其中谷氨酸鲜味最强;甘氨酸(GLY)、丙氨酸(ALA)属于呈甘味的特征氨基酸。本实验结果表明,翘嘴鲌的肌肉中有较高的呈味氨基酸含量(8.42%),为证明翘嘴鲌为一种口感好的经济鱼类提供了生物化学方面的证据。

3.2 远缘杂交是改良鱼类品质的有效途径

淡水鱼类作为优质的蛋白质和特殊脂肪酸的重要来源,如何通过遗传育种的生物学方法研制在生长、抗逆性、肉质等主要生物学特征方面有改善的优良品系,是水产科研工作者关注和努力的

目标。远缘杂交可以使不同物种的基因组组合在一起,导致杂交后代的表现型和基因型都发生改变^[14]。在基因型上,远缘杂交可以导致其后代DNA变异及重组。在表现型方面,远缘杂交能整合双亲的优点,使后代在外形、生长速度、存活率以及抗病能力等方面均表现出杂种优势。翘嘴鲌肌肉中的不饱和脂肪酸含量和呈味氨基酸比例比其原始父母本高等现象很可能与远缘杂交有关,团头鲂和翘嘴红鲌的异源基因组组合在一起,可以导致二倍体鲂鲌F₁及翘嘴鲌的表现型发生改变,包括呈味氨基酸比例的改变。另外,从饲养角度看,食性是导致肌肉营养成分变化的重要因素之一。翘嘴鲌是草食性为主的鱼类,而其遗传组成中具有以肉食性为主的翘嘴红鲌的成分,其肌肉营养成分的特性,还有待进一步研究。通过远缘杂交等生物学方法研发的翘嘴鲌,与其父母本相比,不但在生长速度和抗逆性方面得到了改良^[15],在肉质方面,本研究证明翘嘴鲌也具有特色,展示出一定的杂交优势,是一种值得推广的优质鱼类。

参考文献:

- [1] Jabeen F, Chaudhry A S. Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species [J]. Food Chemistry, 2011, 125 (3) : 991 - 996.
- [2] Harris W S, Mozaffarian D, Rimm E, *et al.* Omega-6 fatty acids and risk for cardiovascular disease a science advisory from the American Heart Association Nutrition Subcommittee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; Council on Cardiovascular Nursing; and Council on Epidemiology and Prevention [J]. Circulation, 2009, 119 (6) : 902 - 907.
- [3] Unger R H, Scherer P E. Gluttony, sloth and the metabolic syndrome; A road map to lipotoxicity [J]. Trends in Endocrinology & Metabolism, 2010, 21 (6) : 345 - 352.
- [4] Hotamisligil G S, Erbay E. Nutrient sensing and inflammation in metabolic diseases [J]. Nature Reviews Immunology, 2008, 8 (12) : 923 - 934.
- [5] Tiniakos D G, Vos M B, Brunt E M. Nonalcoholic fatty liver disease; Pathology and pathogenesis [J]. Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease, 2010, 5 : 145 - 171.
- [6] Harris W S, Miller M, Tighe A P, *et al.* Omega-3 fatty acids and coronary heart disease risk; Clinical and mechanistic perspectives [J]. Atherosclerosis, 2008, 197 (1) : 12 - 24.
- [7] Jump D B. N-3 polyunsaturated fatty acid regulation of hepatic gene transcription [J]. Current Opinion in Lipidology, 2008, 19 (3) : 242 - 247.
- [8] Connor W E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease [J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2000, 71 (suppl. 1) : 171 - 175.
- [9] Lei L, Li J, Li G Y, *et al.* Stereospecific Analysis of Triacylglycerol and Phospholipid Fractions of Five Wild Freshwater Fish from Poyang Lake [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60 (7) : 1857 - 1864.
- [10] Jeffery N M, Sanderson P, Sherrington E J. The ratio of n-6 to n-3 polyunsaturated fatty acids in the rat diet alters serum lipid level and lymphocyte function [J]. Lipids, 1996, 31 (7) : 737 - 745.
- [11] Andrade A D, Rubira A F, Matsushita M, *et al.* ω3 Fatty acids in freshwater fish from south Brazil [J]. Journal of American Oil Chemists' Society, 1995, 72 (10) : 1207 - 1210.
- [12] Kris-Etherton P M, Harris W S, Appel L J, *et al.* Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease [J]. Circulation, 2002, 106 (21) : 2747 - 2757.
- [13] Yi M H. Food Nutrition and Health [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000: 125 - 126. [易美华. 食品营养与健康. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 125 - 126.]
- [14] Liu S J. Distant hybridization leads to different ploidy fishes [J]. Science in China: Life Sciences, 2010, 40 (2) : 104 - 114. [刘少军. 远缘杂交导致不同倍性鱼的形成. 中国科学: 生命科学, 2010, 40 (2) : 104 - 114.]
- [15] Xiao J. Establishment of hybrid strains between blunt snout bream and topmouth culter and their genetic characteristic research [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2013. [肖军, 异源鲂鲌杂交品系的建立及其遗传特性研究. 长沙: 湖南师范大学, 2013.]
- [16] Zhong Z Z. Comparative analysis of intermuscular bones in hybrid of (blunt snout bream × topmouth culter) (♀) × blunt snout bream (♂) and its parents [D]. Changsha: Hunan Normal University, 2013. [钟泽洲. 翘嘴鲌及其亲本肌间骨的比较分析. 长沙: 湖南师范大学, 2014.]
- [17] Song Z Y. Microsatellite DNA analysis and the evolution of Hox gene clusters in diploid hybrids derived from blunt snout bream × topmouth culter

- and its original parent[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2013. [宋祯彦. 鲂鮈 F_1 及其亲本的微卫星和 Hox 基因的进化研究. 长沙: 湖南师范大学, 2013.]
- [18] Chinese Nutrition Society. China DRIs[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000: 101 - 102. [中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量. 北京: 中国轻工业出版社, 2000: 101 - 102.]
- [19] Zhang W M, Zhong G, Wang W. Study survey of nutrition and biological fuction of MUFA[J]. Journal of Cereals & Oils, 2005(3): 13 - 15. [张伟敏, 钟耕, 王炜. 单不饱和脂肪酸营养及其生理功能研究概况. 粮食与油脂, 2005(3): 13 - 15.]
- [20] Zhang Y G, Yin Y L, Huang R L. Review on Nutritional Functions of Polyunsaturated Fatty Acids and Its Regulation of Gene Expressions [J]. Food Science, 2006, 1(13): 9 - 12. [张永刚, 印遇龙, 黄瑞林. 多不饱和脂肪酸的营养作用及其基因表达调控. 食品科学, 2006, 1(13): 9 - 12.]

Muscle nutrients of the backcross progeny of female diploid F_1 hybrid (blunt snout bream \times topmouth culter) \times male blunt snout bream and its parents

HE Zhouling, LIU Shaojun^{*}, XIAO Jun, HU Fangzhou, WEN Ming,
YE Lihai, ZHANG Chun, XU Kang, TAO Min, LUO Kaikun, LIU Yun
(College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: This research of the backcross progeny of female diploid F_1 hybrid (blunt snout bream \times topmouth culter) \times male blunt snout bream (BTB for short) and its parents topmouth culter (TC), blunt snout bream (BSB) and BT (BSB \times TC) investigated the chemical composition of muscle nutrients including moisture, fat, protein and ash, as well as the composition of fatty acid and amino acid. The observations suggested that, compared to the original parents, BTB displayed high protein content and low carbohydrate level. Further analysis of fatty acid revealed that the UFA (unsaturated fatty acids) content in BTB, especially oleic acid, DHA, etc. ($P < 0.05$), was significantly higher than that in other kinds of fish. In terms of amino acids, BTB had higher flavor amino acid ratio than its parents. Taken together, the results provided biochemistry evidences for proving the advantages of BTB in nutritional value and taste.

Key words: distant hybridization; hybrid fish; muscle nutrients; amino acid; fatty acid

Corresponding author: LIU Shaojun. E-mail: lsj@hunnu.edu.cn