

野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉营养成分比较分析

王金林 王万良* 王且鲁 曾本和 刘海平 牟振波 周建设

(西藏自治区农牧科学院 水产科学研究所,拉萨 850002)

摘要 为评价野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉营养价值差异,分别对野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉常规营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成进行测定和分析比较。结果表明:常规营养成分中,驯养组肌肉粗脂肪质量分数极显著低于野生组($P < 0.01$),粗蛋白、灰分及水分质量分数没有显著差异($P > 0.05$);各氨基酸质量分数之间没有显著性差异($P > 0.05$);野生组与驯养组之间,必需氨基酸(EAA)质量分数、总氨基酸(TAA)质量分数、EAA与TAA质量比之间均没有显著性差异($P > 0.05$),野生和驯养异齿裂腹鱼第一限制性氨基酸均为色氨酸。野生和驯养异齿裂腹鱼必需氨基酸指数分别为61.10和58.63;野生和驯养异齿裂腹鱼肌肉脂肪酸组成差异较小,驯养组硬脂酸(C18:0)、花生一烯酸(C20:1)质量分数极显著高于野生组($P < 0.01$),ARA(C20:4)质量分数显著高于野生组($0.01 \leq P < 0.05$),十七碳一烯酸(C17:1)质量分数显著低于野生组($0.01 \leq P < 0.05$)。异齿裂腹鱼脂肪酸组成中,饱和脂肪酸(SFA)总量、单不饱和脂肪酸(MUFA)总量、多不饱和脂肪酸(PUFA)总量在野生组与驯养组之间均没有显著差异($P > 0.05$)。总体而言,野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉营养成分差异较小,不饱和脂肪酸质量分数均较高,野生组和驯养组分别为68.59%、74.50%,均富含EPA、DPA、DHA。

关键词 异齿裂腹鱼;肌肉;营养成分;脂肪酸;氨基酸

中图分类号 S963

文章编号 1007-4333(2019)09-0105-09

文献标志码 A

Comparison of nutritive composition in the muscle of wild and domesticated *Schizothorax oconnori*

WANG Jinlin, WANG Wanliang*, WANG Qielu, ZENG Benhe,

LIU Haiping, MOU Zhenbo, ZHOU Jianshe

(Institute of Fisheries Science, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa 850002, China)

Abstract To evaluate the difference of the nutrient composition of muscles between the wild and domesticated *Schizothorax oconnori*, the common nutritional component contents, amino acid and fatty acid composition of these two kinds of fish were analyzed. The results showed that the crude fat of the domesticated group was extremely significantly lower than that of the wild group ($P < 0.01$), while there was no significant difference in the crude protein, ash and water in muscles between the wild and domesticated *S. oconnori* ($P > 0.05$). The contents of essential amino acids (EAA), total amino acids (EAA) and the ratio of EAA and TAA showed no significant differences ($P > 0.05$). Tryptophan was the first limiting amino acid both in the wild and domesticated fishes. The essential amino acid indices of wild and domesticated *S. oconnori* were 61.10 and 58.63, respectively. The contents of stearic acid (C18:0) and arachidonic acid (C20:1) in the domesticated group were extremely significantly higher than those in the wild group ($P < 0.01$), and the contents of ARA (C20:4) were significantly higher than those in the wild group ($0.01 \leq P < 0.05$). The content of C17:1 was significantly lower than that in the wild group ($0.01 \leq P < 0.05$). The total saturated fatty acid (SFA), total monounsaturated fatty acid (MUFA) and total polyunsaturated fatty acid (PUFA) in muscles showed

收稿日期: 2018-11-21

基金项目: 西藏自治区地方引智示范推广项目(542108SF03); 区财政厅农业科技与服务资金(2018SFTG01)

第一作者: 王金林, 研究实习员, 主要从事水产动物健康养殖, E-mail: wangjinlin18@163.com

通讯作者: 王万良, 助理研究员, 主要从事特种经济动物健康养殖, E-mail: qlxslzfyzz@163.com

no significant differences between the wild and domesticated groups ($P > 0.05$). In conclusion, the contents of unsaturated fatty acids in the muscle of wild and domesticated *S. oconnori* were respectively 68.59% and 74.50%, and both rich in EPA, DPA and DHA.

Keywords *Schizothorax oconnori*; muscle; nutrient composition; fatty acids; amino acids

异齿裂腹鱼(*Schizothorax oconnori*)隶属鲤形目鲤科裂腹鱼亚科裂腹鱼属,又称异齿弓鱼、棒棒鱼,是分布于我国青藏高原雅鲁藏布江水系的一种特有鱼类,也是西藏地区重要的土著经济鱼类之一^[1]。随着西藏经济社会的快速发展,人类对西藏渔业资源的开发和利用强度不断加大。人口聚集的雅鲁藏布江流域无疑也受到愈加强烈的人类活动干扰,诸如外来鱼类入侵、水利枢纽工程建设、过度捕捞、水体污染等。这些干扰因素对雅鲁藏布江水域生态,尤其是鱼类资源及其生存环境的影响日趋明显^[2]。在162种青藏高原鱼类中,处于极危、濒危、易危或野外绝灭鱼类就有35种,超过了20%,在雅鲁藏布江中游,常见的六种裂腹鱼类中,就有3种鱼类处于濒危状态^[3]。加之,西藏地处青藏高原,地理环境特殊,生态环境脆弱,生态系统结构简单^[4]以及高原鱼类具有生长缓慢、性成熟晚、繁殖力低、资源补充周期长、对生境高度适应和依赖等特点,使得高原鱼类对生态环境的变化极为敏感,其资源一旦受到破坏,将极难恢复,而且大多数鱼类都是当地的特有种,因此对雅鲁藏布江鱼类资源,尤其是裂腹鱼类资源采取一定的保护措施显得尤为重要和紧迫。

目前,异齿裂腹鱼在驯化^[5]、食性^[6-7]、种群动态^[8]、年龄与生长^[9-10]、人工繁殖^[11]、胚胎发育^[12-13]等方面均有研究报道,为异齿裂腹鱼的规模化养殖打下了基础。然而随着异齿裂腹鱼人工驯养的发展,野生与驯养异齿裂腹鱼在肉质和营养价值等方面是否存在差异,以及这种差异是否可以通过改进饲料配方和养殖环境得以消除还有待进一步研究。本研究拟对野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉的常规营养成分、氨基酸和脂肪酸组成等进行分析评价,旨在为异齿裂腹鱼的进一步加工和利用提供基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验共设计野生组(Y)和驯养组(C),于2018年7月14日在西藏自治区拉萨市现代农业产业园区进行。野生组试验鱼采集于拉萨市药王山农贸市场,饲养组试验鱼采集于拉萨市现代农业产业园区

人工驯养超过3年的异齿裂腹鱼,驯养条件为室外水泥池微流水驯养,水温5~15℃,养殖密度6尾/m²。每组各采集5尾,质量为(1.50±0.23)kg。

1.2 常规营养成分测定

分别采集野生组和饲养组异齿裂腹鱼各5尾,取背部肌肉150g,用于氨基酸、脂肪酸及其他常规营养指标的测定。粗脂肪采用GB/T 5009.6—2003《食品中脂肪的测定》规定的方法测定,蛋白质采用GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》规定的方法测定,灰分含量采用GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》规定的方法测定,水分含量采用GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》规定的方法测定。

1.3 氨基酸组成测定

其中17种氨基酸,包括天冬氨酸(Asp)、苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、酪氨酸(Tyr)、苯丙氨酸(Phe)、组氨酸(His)、赖氨酸(Lys)、精氨酸(Arg)、脯氨酸(Pro)、色氨酸(Trp)均采用GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》规定的方法测定。

1.4 脂肪酸组成测定

23种脂肪酸,包括豆蔻酸(C14:0)、豆蔻一烯酸(C14:1)、十五烷酸(C15:0)、棕榈酸(C16:0)、棕榈一烯酸(C16:1)、十七烷酸(C17:0)、十七碳一烯酸(C17:1)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)、十八碳四烯酸(C18:4)、花生酸(C20:0)、花生一烯酸(C20:1)、花生二烯酸(C20:2)、花生三烯酸(C20:3)、ARA(C20:4)、EPA(C20:5)、芥酸(C22:1)、二十二碳二烯酸(C22:2)、二十二碳四烯酸(C22:4)、DPA(C22:5)、DHA(C22:6)均采用GB/T 17377—2008《动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析》规定的方法测定。

1.5 营养价值评价

根据联合国粮食与农业组织(Food and Agriculture Organization, FAO)/世界卫生组织(World Health Organization, WHO)1973年制定的

人体必需氨基酸均衡模式^[14]和 1991 年中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所提出的全鸡蛋蛋白质模式对摄食不同饵料的大口黑鲈肌肉营养价值进行评价,氨基酸评分(Amino acid score, AAS)、化学评分(Chemical score, CS)和必需氨基酸指数(EAAD)计算式如下:

$$ASS = \frac{\text{测试蛋白质氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO 评分标准模式氨基酸含量}} \times 100$$

$$CS = \frac{\text{测试蛋白质氨基酸含量}}{\text{鸡蛋蛋白质相应氨基酸含量}} \times 100$$

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{t_1 \times t_2 \times \dots \times t_n}{s_1 \times s_2 \times \dots \times s_n}} \times 100$$

式中: t_1, t_2, \dots, t_n 分别为异齿裂腹鱼肌肉蛋白质不同种氨基酸含量; s_1, s_2, \dots, s_n 分别为鸡蛋蛋白质相应氨基酸的含量; $1, 2, \dots, n$ 为不同种氨基酸。

1.6 数据分析

利用 Excel 数据处理软件进行数据处理,使用 SPSS 18.0 软件中的独立样本 t 检验对数据进行分析;试验数据用平均值±标准差(mean±SD)表示, $0.01 \leq P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 常规营养成分分析

野生组与驯养组异齿裂腹鱼肌肉中粗蛋白、粗脂肪、粗灰分及水分的质量分数测定结果列于表 1。对肌肉常规营养成分的测定结果进行独立样本 t 检验分析,驯养组肌肉粗脂肪质量分数极显著低于野生组($P < 0.01$),粗蛋白、灰分及水分质量分数没有显著差异($P > 0.05$)。

表 1 野生组与驯养组异齿裂腹鱼肌肉中常规营养成分质量分数

Table 1 Nutritional components in different treatments %

营养成分 Nutrition component	驯养组 C Domesticated group	野生组 Y Wild group	显著性 Significance
粗脂肪 Crude fat	1.08±0.14	2.70±0.14	**
蛋白质 Protein	19.00±1.25	19.10±0.95	
灰分 Ash content	1.30±0.26	1.37±0.06	
水分 Moisture content	76.00±2.10	75.47±3.53	

注: ** ,表示同一行数据差异极显著($P < 0.01$),下表同。

Notes: ** indicates very significant difference in the same row ($P < 0.01$). The same below.

2.2 氨基酸组成分析

野生组与驯养组异齿裂腹鱼肌肉氨基酸质量分数见表 2。从氨基酸种类看,鱼肉中所含氨基酸种类齐全,均检测到 17 种氨基酸,野生组和驯养组总氨基酸(TAA)质量分数分别为(18.70±1.25)%、(18.60±0.85)% ,必需氨基酸(EAA)质量分数分别为(7.10±0.55)%、(7.00±0.38)% ,EAA 与 TAA 质量比分别为 37.97 和 37.63。对鱼肉中 17 种氨基酸质量分数的测定结果进行独立样本 t 检验分析,发现野生组和驯养组之间,17 种氨基酸之间没有显著性差异($P > 0.05$),EAA、TAA、EAA 与 TAA 质量比值之间均没有显著性差异($P > 0.05$)。

2.3 肌肉营养价值评价

根据 WHO 建议的成人必需氨基酸模式和鸡蛋蛋白质的氨基酸模式,计算出野生和驯养异齿裂腹鱼氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI),列于表 3。可知,野生和驯养异齿

裂腹鱼必需氨基酸总量低于 WHO 建议的成人必需氨基酸模式和全鸡蛋蛋白质中必需氨基酸总量。根据氨基酸评分与化学评分,野生和驯养异齿裂腹鱼第一限制性氨基酸均为色氨酸。野生和驯养异齿裂腹鱼必需氨基酸指数分别为 61.10 和 58.63。

2.4 脂肪酸组成分析

野生组异齿裂腹鱼共检测出 22 种脂肪酸,驯养组异齿裂腹鱼共检测出 24 种脂肪酸(表 4)。其中,野生组异齿裂腹鱼以棕榈酸(C16:0)、棕榈一烯酸(C16:1)、油酸(C18:1)、EPA(C20:5)为主要脂肪酸组成,质量分数分别为 15.40%、18.57%、12.60%、11.70%;驯养组异齿裂腹鱼以棕榈酸(C16:0)、棕榈一烯酸(C16:1)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)为主要脂肪酸组成,质量分数分别为 14.53%、13.33%、23.97%、11.37%。野生和驯养异齿裂腹鱼脂肪酸质量分数差异较小,驯养组硬脂酸(C18:0)、花生一烯酸(C20:1)质量分数极显著高于

表2 野生组与驯养组异齿裂腹鱼肌肉中氨基酸质量分数

Table 2 Amino acid composition in different treatments

类别 Classification	氨基酸 Amino acid	氨基酸质量分数/% Amino acid contents	
		驯养组 C Domesticated group	野生组 Y Wild group
必需氨基酸 Essential amino acid	Leu	1.55±0.08	1.56±0.12
	Ile	0.83±0.05	0.86±0.07
	Phe	0.78±0.05	0.80±0.08
	Thr	0.86±0.04	0.87±0.05
	Val	0.93±0.05	0.95±0.08
	Lys	1.89±0.11	1.90±0.16
	Trp	0.15±0.00	0.16±0.01
半必需氨基酸 Semi-essential amino acids	His	0.52±0.07	0.45±0.03
	Arg	1.23±0.07	1.22±0.06
非必需氨基酸 Non-essential amino acids	Asp	2.02±0.12	2.05±0.15
	Ser	0.86±0.04	0.86±0.05
	Glu	3.12±0.12	3.13±0.20
	Gly	0.89±0.02	0.93±0.13
	Ala	1.20±0.06	1.21±0.09
	Met	0.61±0.03	0.60±0.05
	Tyr	0.63±0.04	0.65±0.06
Pro	0.66±0.05	0.65±0.07	
总氨基酸(TAA)		18.60±0.85	18.70±1.25
必需氨基酸(EAA)		7.00±0.38	7.10±0.55

表3 野生组与驯养组异齿裂腹鱼肌肉氨基酸营养价值评价

Table 3 Essential amino acid scores in different treatments

必需氨基酸 Essential amino acids	必需氨基酸总量/(mg/g) Total essential amino acids				野生组 Y Wild group		驯养组 C Domesticated group	
	WHO 模式 WHO standard	鸡蛋模式 Whole egg	Y	C	AAS	CS	AAS	CS
	paatern	protein pattern						
Ile	250	379	280.19	274.27	0.84	0.56	0.80	0.53
Leu	440	568	511.56	510.96	0.87	0.67	0.85	0.65
Lys	340	442	620.64	620.61	1.37	1.05	1.33	1.03
Met	220	258	196.34	199.56	0.67	0.57	0.67	0.57
Phe+Tyr	380	662	474.48	463.82	0.94	0.54	0.89	0.51
Thr	250	315	284.69	283.99	0.85	0.68	0.83	0.66
Trp	60	105	51.27	49.34	0.65	0.37	0.60	0.34
Val	310	368	311.95	307.02	0.75	0.63	0.72	0.61
EAAI					61.10		58.63	

注:AAS为氨基酸评分,CS为化学评分,EAAI为必需氨基酸指数。

Notes:AAS stands for amino acid score,CS stands for chemical score and EAAI stands for essential amino acid index.

野生组 ($P < 0.01$), ARA (C20:4) 质量分数显著高于野生组 ($0.01 \leq P < 0.05$), 十七碳一烯酸 (C17:1) 质量分数显著低于野生组 ($0.01 \leq P < 0.05$)。异齿裂腹鱼脂肪酸组成中, 饱和脂肪酸 (SFA) 总量、单不饱和脂肪酸 (MUFA) 总量、多不饱和脂肪酸 (PUFA) 总量在野生组与驯养组之

间均没有显著差异 ($P > 0.05$)。其中, 饱和脂肪酸均以棕榈酸 (C16:0) 为主, 单不饱和脂肪酸均以棕榈一烯酸 (C16:1) 和油酸 (C18:1) 为主, 多不饱和脂肪酸均以亚油酸 (C18:2)、亚麻酸 (C18:3)、EPA (C20:5)、DPA (C22:5)、DHA (C22:6) 为主。

表 4 野生组与驯养组异齿裂腹鱼肌肉中脂肪酸质量分数

Table 4 Fatty acid composition in different treatments

%

类别 Classification	脂肪酸 Fatty acid	驯养组 C Domesticated group	野生组 Y Wild group	显著性 Significance
饱和脂肪酸 SFA	C14:0	3.00±0.75	4.80±1.04	
	C15:0	0.39±0.16	0.47±0.30	
	C16:0	14.53±1.37	15.40±1.22	
	C17:0	0.33±0.09	0.31±0.17	
	C18:0	2.07±0.12	1.20±0.10	**
	C20:0	0.24±0.02	—	
单不饱和脂肪酸 MUFA	C14:1	0.36±0.19	0.47±0.18	
	C16:1	13.33±5.03	18.57±4.62	
	C17:1	1.80±0.66	3.30±0.46	*
	C18:1	23.97±8.38	12.60±1.47	
	C20:1	2.93±0.55	1.30±0.20	**
	C22:1	0.53±0.20	0.23±0.17	
多不饱和脂肪酸 PUFA	C24:1	0.20±0.04	—	
	C18:2	11.37±6.41	2.80±1.21	
	C18:3	4.03±0.38	5.57±3.70	
	C18:4	1.13±0.50	2.87±1.03	
	C20:2	0.58±0.11	0.40±0.23	
	C20:3	0.72±0.12	1.16±0.82	
	C20:4	0.75±0.12	0.44±0.07	*
	C20:5	6.40±3.18	11.70±2.11	
	C22:2	0.47±0.30	0.85±0.21	
	C22:4	0.32±0.12	0.51±0.06	
C22:5	3.33±1.66	3.63±0.50		
C22:6	2.80±0.20	2.43±0.59		

注: *, 表示同一行数据差异显著 ($0.01 \leq P < 0.05$)。

Notes: * indicates a significant difference ($0.01 \leq P < 0.05$).

3 讨论

3.1 野生与驯养异齿裂腹鱼常规营养成分差异

就常规营养成分而言,本研究中,驯养组异齿裂腹鱼肌肉粗脂肪质量分数极显著低于野生组($P < 0.01$),粗蛋白、灰分及水分质量分数没有显著差异($P > 0.05$)。曹静等^[15]对养殖和野生长吻鮠肌肉营养成分比较分析时,发现养殖长吻鮠肌肉脂肪含量极显著低于野生长吻鮠($P < 0.01$),唐雪等^[16]对养殖和野生刀鲚肌肉营养成分比较分析时,发现野生刀鲚肌肉粗脂肪含量极显著高于养殖刀鲚($P < 0.01$),是养殖刀鲚的1.81倍,黄泉等^[17]对野生和养殖花羔红点鲑肌肉营养成分比较分析时,发现野生花羔红点鲑群体肌肉粗脂肪含量显著高于养殖群体($P < 0.05$),均与本研究结果相似。综合各种因素,造成这种差异的原因可能与养殖对象的生活环境、食物组成及易得性、生长季节等多种因素相关。驯养异齿裂腹鱼主要以人工配合饲料为主,而野生异齿裂腹鱼主要以附生藻类、有机碎屑、水蚯蚓、水生节肢动物等为主^[6]。

3.2 野生与驯养异齿裂腹鱼氨基酸组成差异

野生与驯养异齿裂腹鱼均检测到17种氨基酸,野生组和驯养组总氨基酸(TAA)质量分数分别为 $18.70 \pm 1.25\%$ 、 $18.60 \pm 0.85\%$,必需氨基酸(EAA)质量分数分别为 $7.10 \pm 0.55\%$ 、 $7.00 \pm 0.38\%$,17种氨基酸之间没有显著性差异($P > 0.05$),必需氨基酸(EAA)质量分数、总氨基酸(TAA)质量分数之间均没有显著性差异($P > 0.05$),说明人工驯养方式不影响异齿裂腹鱼的肌肉营养价值,二者肌肉营养价值相差不大(表2)。食物的营养价值由必需氨基酸种类及比例决定^[18],本研究中,野生组和驯养组必需氨基酸(EAA)与总氨基酸(TAA)质量比分别为37.97、37.63。目前,在已有的研究报道中,云南裂腹鱼肌肉EAA/TAA值为46.96^[19],鳊鱼肌肉EAA/TAA值为43.31^[20],野生和养殖草鱼肌肉EAA/TAA值分别为44.98、42.99^[21],野生和养殖岩原鲤肌肉EAA/TAA值分别为40.03、39.47^[22],野生和养殖江鳕肌肉EAA/TAA值分别为38.20、40.85^[23],均高于异齿裂腹鱼,说明异齿裂腹鱼肌肉在必需氨基酸含量方面劣于所述的其他鱼类。就必需氨基酸指数而言,野生和驯养异齿裂腹鱼必需氨基酸指数分别为61.10和58.63,差异不显著,再次说明野生和驯养异齿裂腹鱼肌肉蛋白质营养价值相

差不大。以AAS和CS进行评价时,野生和驯养异齿裂腹鱼肌肉中的第一限制性氨基酸均为色氨酸,且仅有赖氨酸评分大于1。赖氨酸是主食大米、面粉人群的第一限制性氨基酸^[24],异齿裂腹鱼肌肉中赖氨酸含量丰富,可以食用,用于补充人体赖氨酸含量不足。

3.3 野生与驯养异齿裂腹鱼脂肪酸组成差异

本研究中,野生组异齿裂腹鱼共检测出22种脂肪酸,驯养组异齿裂腹鱼共检测出24种脂肪酸,其中,野生组异齿裂腹鱼以棕榈酸(C16:0)、棕榈一烯酸(C16:1)、油酸(C18:1)、EPA(C20:5)为主要脂肪酸组成,质量分数分别为15.40%、18.57%、12.60%、11.70%;驯养组异齿裂腹鱼以棕榈酸(C16:0)、棕榈一烯酸(C16:1)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)为主要脂肪酸组成,质量分数分别为14.53%、13.33%、23.97%、11.37%。

野生和驯养异齿裂腹鱼脂肪酸质量分数差异较小,驯养组硬脂酸(C18:0)、花生一烯酸(C20:1)质量分数极显著高于野生组($P < 0.01$),ARA(C20:4)质量分数显著高于野生组($0.01 \leq P < 0.05$),十七碳一烯酸(C17:1)质量分数显著低于野生组($0.01 \leq P < 0.05$)。研究表明,鱼体的脂肪酸组成受饲料中的脂肪酸组成和生存环境的影响,且以不饱和脂肪酸影响较大,饱和脂肪酸次之。刘兴旺等^[25]在研究饲料中不同水平n-3HUFA对军曹鱼生长及脂肪酸组成的影响时发现,军曹鱼肌肉中的C18:1n-9含量与饲料中的n-3高度不饱和脂肪酸含量呈反比关系,在银鲈^[26]、青石斑^[27]、凡纳滨对虾^[28]等的研究中也得到类似的结果。

从脂肪酸组成看,野生和驯养异齿裂腹鱼在饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸之间均无显著差异($P > 0.05$)。野生和驯养异齿裂腹鱼肌肉中的不饱和脂肪酸分别占脂肪酸总量的74.50%和68.59%。在不饱和脂肪酸中,单不饱和脂肪酸所占比例较大,特别富含油酸和棕榈一烯酸,多不饱和脂肪酸质量分数为32.13%,以亚油酸、亚麻酸、EPA、DPA、DHA为主。和其他鱼类相比,七带石斑鱼多不饱和脂肪酸质量分数为32.45%,其中EPA与DHA的质量分数分别为6.11%和12.78%^[29],吉富罗非鱼肌肉脂肪酸中多不饱和脂肪酸质量分数为24.56%,高于其他优质鲤科鱼类,其中EPA与DHA的总质量分数为11.9%^[30],美洲鲈的肌肉脂肪酸中多不饱和脂肪酸质量分数为

21.69%^[31],大刺鳅肌肉脂肪酸中多不饱和脂肪酸的质量分数为24.33%^[32],异齿裂腹鱼作为西藏主要经济鱼类,其肌肉中丰富的不饱和脂肪酸含量优于多种经济鱼类,具有较高的保健价值和良好的开发利用前景。

4 结 论

本研究对野生与驯养异齿裂腹鱼肌肉常规营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成进行了测定和分析比较。研究结果表明,驯养组异齿裂腹鱼肌肉粗脂肪质量分数极显著低于野生组($P < 0.01$),粗蛋白、灰分及水分质量分数没有显著差异($P > 0.05$);人工驯养方式不影响异齿裂腹鱼的肌肉营养价值,二者肌肉营养价值相差不大。异齿裂腹鱼肌肉中赖氨酸含量丰富,可以食用,用于补充人体赖氨酸含量不足;野生和驯养异齿裂腹鱼肌肉中的不饱和脂肪酸分别占脂肪酸总量的74.50%和68.59%。在不饱和脂肪酸中,单不饱和脂肪酸所占比例较大,特别富含油酸和棕榈一稀酸,多不饱和脂肪酸平均含量为32.13%,以亚油酸、亚麻酸、EPA、DPA、DHA为主,其肌肉中丰富的不饱和脂肪酸含量优于多种经济鱼类,具有较高的保健价值和良好的开发利用前景。

参考文献 References

[1] 马宝珊. 异齿裂腹鱼个体生物学和种群动态研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011
Ma B S. Study on the biology and population dynamics of *Schizothorax o'connori* [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011 (in Chinese)

[2] 杨汉运, 黄道明, 谢山, 简东, 池仕运, 张庆, 常秀岭, 王文君, 方艳红. 雅鲁藏布江中游渔业资源现状研究[J]. 水生生态学杂志, 2010, 3(6): 120-126
Yang H Y, Huang D M, Xie S, Jian D, Chi S Y, Zhang Q, Chang X L, Wang W J, Fang Y H. Status quo of fishery resources in the middle reach of Brahmaputra River[J]. *Journal of Hydroecology*, 2010, 3(6): 120-126 (in Chinese)

[3] 刘海平, 牟振波, 蔡斌, 李宝海, 张怵怵, 周建设, 张驰, 潘瑛子, 陈美群. 供给侧改革与科技创新耦合助推西藏渔业资源养护[J]. 湖泊科学, 2018, 30(1): 266-278
Liu H P, Mou Z B, Cai B, Li B H, Zhang B B, Zhou J S, Zhang C, Pan Y Z, Chen M Q. Coupling supply-side structural reform and technological innovation boosting the fishery resource

conservation process in Tibet[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2018, 30(1): 266-278 (in Chinese)

[4] 高江波, 侯文娟, 赵东升, 吴绍洪. 基于遥感数据的青藏高原自然生态系统脆弱性评估[J]. 地理科学, 2016, 36(4): 580-587
Gao J B, Hou W J, Zhao D S, Wu S H. Comprehensive assessment of natural ecosystem vulnerability in Tibetan plateau based on satellite-derived datasets[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(4): 580-587 (in Chinese)

[5] 张驰, 龚君华, 周建设, 扎西拉姆, 李宝海. 西藏异齿裂腹鱼水泥池驯化养殖试验[J]. 河北渔业, 2015(9): 34-35
Zhang C, Gong J H, Zhou J S, Zhaxilamu, Li B H. The domestication and cultivation experiment of *Schizothorax oconnori* in cement pond in Tibet [J]. *Hebei Fishery*, 2015(9): 34-35 (in Chinese)

[6] 季强. 异齿裂腹鱼食性的初步研究[J]. 水利渔业, 2008, 28(3): 51-53
Ji Q. Study on the feeding habits of *Schizothorax oconnori* [J]. *Reservoir Fisheries*, 2008, 28(3): 51-53 (in Chinese)

[7] 季强. 六种裂腹鱼类摄食消化器官形态学与食性的研究[D]. 华中农业大学, 2008
Ji Q. The study on the morphology of feeding organs and the feeding habits of six schizothoracine fishes [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008 (in Chinese)

[8] 马宝珊, 谢从新, 霍斌. 雅鲁藏布江异齿裂腹鱼生活史对策和种群资源利用现状[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11): 1558-1565
Ma B S, Xie C X, Huo B. Life history pattern and exploitation status of a population of *Schizothorax o'connori* in the Yarlung Zangbo River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, 23(11): 1558-1565 (in Chinese)

[9] 贺舟挺. 西藏拉萨河异齿裂腹鱼年龄与生长的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005
He Z T. Studies on age and growth of *Schizothorax o'connori* in Lasa River in Tibet [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005 (in Chinese)

[10] 邵俭, 谢从新, 许静, 杨学峰, 格桑达瓦, 林少卿. 不同饵料对3种西藏鱼类仔鱼生长及存活的影响[J]. 淡水渔业, 2012, 42(6): 49-53
Shao J, Xie C X, Xu J, Yang X F, Gesangdawa, Lin S Q. Effects of different diets on growth and survival of three species of Tibetan fish larvae [J]. *Freshwater Fisheries*, 2012, 42(6): 49-53 (in Chinese)

[11] 张良松. 异齿裂腹鱼人工规模化繁殖技术研究[J]. 淡水渔业, 2011, 41(5): 88-91
Zhang L S. Study on the large scale artificial propagation of

- Schizothorax o'connori* [J]. *Freshwater Fisheries*, 2011, 41 (5):88-91 (in Chinese)
- [12] 张良松. 异齿裂腹鱼胚胎发育与仔鱼早期发育的研究[J]. 大连海洋大学学报, 2011, 26(3):238-242
Zhang L S. The embryonic and early larval development of *Schizothorax oconnori* [J]. *Journal of Dalian Ocean University*, 2011, 26(3):238-242 (in Chinese)
- [13] 许静. 雅鲁藏布江四种特有裂腹鱼类早期发育的研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2011
Xu J. Early development of four schizothoracinae fishes in the Yarlung Zangbo River, Tibet [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011 (in Chinese)
- [14] FAO/WHO. Energy and protein requirements[R]. Rome:FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973:40-73
- [15] 曹静, 张凤桦, 宋军, 罗彬月, 毛艳贞, 刘耀敏, 刘源, 王锡昌. 养殖和野生长吻鲃肌肉营养成分比较分析[J]. 食品科学, 2015, 36(2):126-131
Cao J, Zhang F P, Song J, Luo B Y, Mao Y Z, Liu Y M, Liu Y, Wang X C. Comparative analysis of nutrient composition of muscles of farmed and wild *Leiocassis longirostris* [J]. *Food Science*, 2015, 36(2):126-131 (in Chinese)
- [16] 唐雪, 徐钢春, 徐跑, 顾若波, 乐国伟. 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, 2011, 23(3):514-520
Tang X, Xu G C, Xu P, Gu R B, Le G W. A comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured *Coilia nasus* [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(3):514-520 (in Chinese)
- [17] 黄权, 孙晓雨, 谢从新. 野生与养殖花羔红点鲑肌肉营养成分的比较分析[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(1):75-78
Huang Q, Sun X Y, Xie C X. Comparative analysis on the nutrition components of muscles between wild and farmed *Salvelinus malma* populations [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2010, 31(1):75-78 (in Chinese)
- [18] 陈涛, 于丹. 野生与养殖斑鲢肌肉营养成分的比较分析[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(12):3143-3146
Chen T, Yu D. Comparison analysis on muscle components of wild and cultured *Mystus guttatus* [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2016, 55(12):3143-3146 (in Chinese)
- [19] 李国治, 鲁绍雄, 严达伟, 赵桂英, 李明丽. 云南裂腹鱼肌肉生化成分分析与营养品质评价[J]. 南方水产, 2009(2):56-62
Li G Z, Lu S X, Yan D W, Zhao G Y, Li M L. Analysis of biochemical components in muscle and nutritional evaluation of *Schizothorax yunnanensis* [J]. *South China Fisheries*, 2009 (2):56-62 (in Chinese)
- [20] 梁银铨, 崔希群, 刘友亮. 鳊肌肉生化成份分析和营养品质评价[J]. 水生生物学报, 1998, 22(4):386-388
Liang Y Q, Cui X Q, Liu Y L. Evaluation of nutritive quality and analysis of the nutritive compositions in the muscle of mandarin fish, *Siniperca chuatsi* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1998, 22(4):386-388 (in Chinese)
- [21] 程汉良, 蒋飞, 彭永兴, 许星鸿, 董志国, 许祥, 过正乾, 孙加赋, 王假真, 吴光圣. 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
Cheng H L, Jiang F, Peng Y X, Xu X H, Dong Z G, Xu X, Guo Z Q, Sun J F, Wang J Z, Wu G S. Comparison of nutrient composition of muscles of wild and farmed grass carp, *Ctenopharyngodon idellus* [J]. *Food Science*, 2013, 34(13):266-270 (in Chinese)
- [22] 朱成科, 朱龙, 黄辉, 周朝伟, 张争世, 郑宗林. 野生与养殖岩原鲤肌肉营养成分的比较分析[J]. 营养学报, 2017, 39(2):203-205
Zhu C K, Zhu L, Huang H, Zhou C W, Zhang Z S, Zheng Z L. Comparison of nutrients composition in muscles of wild and bred *Procypris rabaudi* [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2017, 39(2):203-205 (in Chinese)
- [23] 黄文, 盛竹梅, 于仕斌, 马立鸣, 孙杨. 人工养殖与野生江鲢肌肉营养成分比较分析[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版, 2015, 34(1):36-39
Huang W, Sheng Z M, Yu S B, Ma L M, Sun Y. Comparative analysis of farmed and wild burbot muscle nutrients [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2015, 34(1):36-39 (in Chinese)
- [24] 冀德伟, 李明云, 史雨红, 周健博, 任凭, 张玉明. 光唇鱼的肌肉营养组成与评价[J]. 营养学报, 2009, 31(3):298-300
Ji D W, Li M Y, Shi Y H, Zhou J B, Ren P, Zhang M Y. Evaluation of nutritional components and quality in the muscle of *Acrossocheilus fasciatus* [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2009, 31(3):298-300 (in Chinese)
- [25] 刘兴旺, 谭北平, 麦康森, 艾庆辉, 周歧存. 饲料中不同水平 n-3 HUFA 对军曹鱼生长及脂肪酸组成的影响[J]. 水生生物学报, 2007, 31(2):190-195
Liu X W, Tan B P, Mai K S, Ai Q H, Zhou Q C. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and fatty acid composition of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31(2):190-195 (in Chinese)
- [26] 彭士明, 施兆鸿, 孙鹏, 尹飞, 王建刚. 饲料组成对银鲟幼鱼生长率及肌肉氨基酸、脂肪酸组成的影响[J]. 海洋渔业, 2012, 34(1):51-56
Peng S M, Shi Z H, Sun P, Yin F, Wang J G. Effects of diet

- composition on growth rate, muscle amino acid and fatty acid composition of juvenile silver pomfret; *Pampus argenteus* [J]. *Marine Fisheries*, 2012, 34(1): 51-56 (in Chinese)
- [27] 林永贺, 张云, 房伟平, 陈文奋, 陈强, 胡寿乐, 邹记兴. 投喂小杂鱼和人工配合饲料对青石斑鱼生长和肌肉营养成分的影响[J]. 饲料工业, 2010, 31(8): 37-40
- Liu Y H, Zhang Y, Fang W P, Chen W F, Chen Q, Hu S L, Zou J X. Effects of trash fish and artificial diet on growth and muscle composition of yellow grouper, *Epinephelus awoara* [J]. *Feed Industry*, 2010, 31(8): 37-40 (in Chinese)
- [28] 刘穗华, 曹俊明, 黄燕华, 赵红霞, 李国立, 蓝汉冰, 严晶, 张荣斌, 刘丽. 饲料中不同亚麻酸/亚油酸比对凡纳滨对虾幼虾生长性能和脂肪酸组成的影响[J]. 动物营养学报, 2010, 22(5): 1413-1421
- Liu S H, Cao J M, Huang Y H, Zhao H X, Li G L, Lan H B, Yan J, Zhang R B, Liu L. Effects of different dietary linolenic acid/linoleic acid ratios on growth performance and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, 22(5): 1413-1421 (in Chinese)
- [29] 程波, 陈超, 王印庚, 李胜忠, 于宏, 张家松, 杨志, 于文松, 曲江波. 七带石斑鱼肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(5): 51-57
- Cheng B, Chen C, Wang Y G, Li S Z, Yu H, Zhang J S, Yang Z, Yu W S, Qu J B. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Epinephelus septemfasciatus* muscles [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(5): 51-57 (in Chinese)
- [30] 缪凌鸿, 刘波, 何杰, 谢骏, 戈贤平, 徐跑, 陈汝丽, 梁政远. 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
- Miao L H, Liu B, He J, Xie J, Ge X P, Xu P, Chen R L, Liang Z Y. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in the muscle of GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2010, 19(5): 635-641 (in Chinese)
- [31] 顾若波, 张呈祥, 徐钢春, 闻海波, 王玉芳. 美洲鲷肌肉营养成分分析与评价[J]. 水产学杂志, 2007, 20(2): 40-46
- Gu R B, Zhang C X, Xu G C, Wen H B, Wang Y F. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Alosa sapidissima* muscle [J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2007, 20(2): 40-46 (in Chinese)
- [32] 伍远安, 梁志强, 李传武, 刘丽, 陈湘艺, 刘明求. 两种刺鳅肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2010, 32(5): 499-502
- Wu Y A, Liang Z Q, Li Z W, Liu L, Chen X Y, Liu M Q. Analysis and evaluation of nutritional components in the muscle of two kinds of *mastacembelus* [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2010, 32(5): 499-502 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春