

不同生长阶段杂交鲟肌肉营养成分的比较研究

张美彦 曾 圣 杨 星 王艳艳 赵 飞 杨 兴*

(贵州省农科院水产研究所, 贵阳 550025)

摘 要: 本研究旨在分析比较不同生长阶段杂交鲟[史氏鲟(*Acipenser schrenckii*) ♀×西伯利亚鲟(*Acipenser baeri*) ♂]肌肉营养成分差异。选取 0.5~1.5 kg、1.5~2.5 kg、2.5~3.5 kg 3 个阶段的杂交鲟, 每个阶段随机选取 4 尾, 取每尾鱼背部肌肉, 采用国标法, 分析测定肌肉中的营养成分。结果表明: 1) 2.5~3.5 kg 组肌肉粗脂肪含量显著高于 0.5~1.5 kg 组 ($P<0.05$)。2) 3 组间肌肉矿物质含量差异不显著 ($P>0.05$)。3) 随着鱼体重量的增加, 肌肉中维生素 A 含量降低, 0.5~1.5 kg 组显著高于其他 2 组 ($P<0.05$)。4) 0.5~1.5 kg、1.5~2.5 kg 杂交鲟的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+半胱氨酸, 第二限制性氨基酸为色氨酸, 2.5~3.5 kg 杂交鲟第一限制性氨基酸为色氨酸, 第二限制性氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸。5) 0.5~1.5 kg 组肌肉多中不饱和脂肪酸总量显著高于 1.5~2.5 kg、2.5~3.5 kg 组 ($P<0.05$)。由此可见, 不同生长阶段杂交鲟肌肉中均含有较为丰富的维生素、氨基酸、脂肪酸; 在蛋白质营养方面, 2.5~3.5 kg 杂交鲟营养价值更高; 在脂肪酸营养方面, 0.5~1.5 kg 杂交鲟营养价值更高。

关键词: 杂交鲟; 营养成分; 矿物质; 维生素; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S963

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2019)09-4378-09

鲟鱼起源于 2 亿年前的古老硬骨鱼类, 隶属于硬骨鱼纲, 辐鳍亚纲, 硬鳞总目, 鲟形目, 鲟科。鲟鱼是世界上现存起源最早的脊椎动物之一, 是体型最大的软骨硬鳞类淡水鱼。世界上鲟鱼共有 27 种, 我国自然生存的鲟鱼有 8 种^[1]。鲟鱼肉营养丰富, 除头盖硬骨外, 其余部位均可食用, 有“鲨鱼翅、鲟鱼骨, 食之明目壮阳, 延年益寿”的说法^[2]。杂交品种鲟鱼如今是人工养殖的主要鲟鱼品种, 杂交鲟养殖商品化已经形成。因此开展杂交鲟肌肉营养成分分析研究具有重要意义。王丽宏等^[3]在对匙吻鲟、杂交鲟的研究中, 分析比较鲟鱼与其他鱼类的肌肉品质, 庄平等^[4]对野生中华鲟研究中, 分析比较了 275 和 215 kg 鲟鱼的肌肉营养成分, 但均无鲟鱼在通常被食用阶段的营养成分分析报道。市场流通中, 最常见的杂交鲟规

格为 0.5~3.5 kg, 本研究分析比较 0.5~3.5 kg 不同生长阶段杂交鲟肌肉营养成分, 为进一步了解杂交鲟营养价值提供数据支撑。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

不同生长阶段杂交鲟取自贵州省水产研究所惠水基地鲟鱼养殖池。杂交鲟鱼在流水鱼池内饲养, 单口鱼池面积为 80 m², 水温为 17.5~20.0 ℃, 溶氧量为 7.7~8.0 mg/L, pH 为 8.07~8.11。投喂的饲料均为北京汉业科技有限公司生产的鲟鱼专用饲料, 0.5~2.5 kg 杂交鲟投喂的饲料主要营养成分含量: 粗蛋白质≥44.0%, 粗脂肪≥9.0%, 粗灰分≤14.0%, 粗纤维≤5.0%, 水分≤12.0%, 赖氨酸≥2.4%, 总磷≥0.9%; 2.5~3.5 kg 杂交鲟投喂

收稿日期: 2019-03-11

基金项目: 贵州省科技厅服务企业项目——鲟鱼繁育技术升级与精细加工技术创新[黔科合平台人才(2016)5714]; 贵州省特色水产产业技术体系项目(GZ-CYTX2018-011); 国家特色淡水鱼产业技术体系(CARS-46)

作者简介: 张美彦(1987—), 女, 山东济宁人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为动物营养与饲料学、生态养殖技术。E-mail: zhangmeiyan1099@126.com

* 通信作者: 杨 兴, 研究员, E-mail: 724639843@qq.com

的饲料主要营养成分含量:粗蛋白质 $\geq 41.0\%$,粗脂肪 $\geq 12.0\%$,粗灰分 $\leq 14.0\%$,粗纤维 $\leq 5.0\%$,水分 $\leq 12.0\%$,赖氨酸 $\geq 2.4\%$,总磷 $\geq 0.9\%$ 。3种规格(0.5~1.5 kg、1.5~2.5 kg、2.5~3.5 kg)鲟鱼均随机选取,各取4尾,进行活体解剖,取其背部肌肉。

1.2 试验方法

杂交鲟肌肉中水分含量参照 GB 5009.3—2016 进行测定,粗蛋白质含量参照 GB/T 5009.5—2016 进行测定,粗脂肪含量参照 GB 5009.6—2016 进行测定,粗灰分含量参照 GB 5009.4—2016 进行测定。氨基酸含量参照 GB/T 16631—2008 高效液相色谱法通则,使用 LC-20AT 高效液相色谱仪进行测定(3种不同的前处理方法:色氨酸采用碱水解法;含硫氨基酸采用氧化水解法;其他氨基酸采用酸水解法)。杂交鲟肌肉中钾、钠含量参照 GB 5009.91—2016 进行测定,钙含量参照 GB 5009.92—2016 进行测定,镁、铁含量参照 GB 5009.90—2016 进行测定,锌含量参照 GB 5009.14—2016 进行测定,铜含量参照 GB 5009.13—2016 进行测定,磷含量参照 GB 5009.87—2016 进行测定。脂肪酸含量参照 JY/T 021—1996 分析型气相色谱通则,使用 GC-2014 气相色谱分析仪进行测定。维生素含量参照 GB/T 16631—2008 高效液相色谱法通则,使用 LC-AT 高效液相色谱仪进行测定。

1.3 氨基酸评价

根据联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)(1973)推荐的模式进行评价。评价模式包

括2个部分:氨基酸评分标准模式及全鸡蛋蛋白质模式。评价内容包括氨基酸评分(AAS)^[5]、化学评分(CS)^[6]及必需氨基酸指数(EAAI)^[7],各个模式的计算公式如下:

$$\text{AAS} = [\text{待测样品中某一必需氨基酸含量 (mg/g N)}] / [\text{WHO/FAO 评价模式中相应必需氨基酸含量 (mg/g N)}];$$

$$\text{CS} = [\text{待测样品中某一必需氨基酸含量 (mg/g N)}] / [\text{全鸡蛋蛋白质中相应必需氨基酸含量 (mg/g N)}];$$

$$\text{EAAI} = \sqrt[n]{\frac{(\text{苏氨酸 } p \times 100) \times (\text{缬氨酸 } p \times 100) \times \dots \times (\text{赖氨酸 } p \times 100)}{(\text{苏氨酸 } s) \times (\text{缬氨酸 } s) \times \dots \times (\text{赖氨酸 } s)}}.$$

式中: n 为参与的氨基酸数; p 为样品中某一氨基酸的含量(mg/g N); s 为全鸡蛋蛋白质中相应氨基酸含量(mg/g N)。

$$\text{氨基酸含量 (mg/g N)} = [\text{氨基酸含量 (\%)} / \text{粗蛋白质含量 (\%)}] \times 6.25 \times 1000.$$

1.4 数据分析

采用统计软件 SPSS 17.0 的 ANOVA 程序对数据进行单因素方差分析,试验数据以平均值 \pm 标准差表示,显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分分析

由表1可知,0.5~1.5 kg组和另外2组相比,肌肉中水分、粗蛋白质含量偏高,随着规格的增大,粗蛋白质含量逐渐降低,但与其他2组差异不显著($P > 0.05$)。2.5~3.5 kg组肌肉中粗脂肪含量最高,0.5~1.5 kg组最低,2组间差异显著($P < 0.05$)。

表1 不同生长阶段杂交鲟肌肉基本营养成分组成

Table 1 Basic nutrient composition in muscle of hybrid sturgeon at different growth stages

项目 Items	生长阶段 Growth stages			%
	0.5~1.5 kg	1.5~2.5 kg	2.5~3.5 kg	
水分 Moisture	75.83 \pm 0.63	74.20 \pm 0.36	74.59 \pm 1.49	
粗蛋白质 Crude protein	20.17 \pm 0.92	19.65 \pm 1.20	19.00 \pm 1.23	
粗脂肪 Crude lipid	5.30 \pm 0.41 ^b	5.62 \pm 0.77 ^b	6.95 \pm 0.47 ^a	
粗灰分 Ash	1.10 \pm 0.07	1.09 \pm 0.02	1.06 \pm 0.25	

同行数据肩标不同字母表示显著差异($P < 0.05$)。下表同。

In the same row, values with different letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

2.2 矿物质含量分析

由表2可知,不同生长阶段杂交鲟肌肉中各

种矿物质含量差异不显著($P > 0.05$)。钾的含量随鱼体规格增大逐渐降低,铁、锌、磷含量随鱼体规

格增大逐渐升高,钠、钙、镁的含量均是先降低,后升高。在不同规格杂交鲟体内均没有检测出铅。

表2 不同生长阶段杂交鲟肌肉矿物质组成

Table 2 Minerals composition in muscle of hybrid sturgeon at different growth stages mg/kg

项目 Items	生长阶段 Growth stages		
	0.5~1.5 kg	1.5~2.5 kg	2.5~3.5 kg
钾 K	3 570.00±51.96	3 480.00±81.85	3 463.33±94.52
钠 Na	2 313.33±72.34	2 243.33±37.86	2 350.00±70.00
钙 Ca	222.67±34.82	209.33±21.20	251.33±41.59
镁 Mg	341.00±3.61	335.00±7.94	338.33±10.97
铁 Fe	10.70±0.40	10.77±1.21	13.03±3.05
锌 Zn	6.50±0.40	6.70±0.40	7.23±0.15
铜 Cu	0.59±0.19	0.64±0.09	0.78±0.11
磷 P	1 910.00±70.00	1 953.33±56.86	2 026.66±75.72

2.3 维生素含量分析

由表3可知,维生素A在不同生长阶段杂交鲟肌肉中含量差异显著($P<0.05$),0.5~1.5 kg组维生素A含量最高,随着杂交鲟规格增大,维生素

A含量逐渐降低。维生素E含量在各生长阶段间差异不显著($P>0.05$),2.5~3.5 kg组维生素E含量最低。

表3 不同生长阶段鲟鱼肌肉维生素组成

Table 3 Vitamins composition in muscle of hybrid sturgeon at different growth stages mg/kg

项目 Items	生长阶段 Growth stages		
	0.5~1.5 kg	1.5~2.5 kg	2.5~3.5 kg
维生素 A Vitamin A	1.46±0.12 ^a	1.20±0.10 ^b	1.07±0.12 ^b
维生素 E Vitamin E	0.79±0.07	0.79±0.10	0.77±0.09

2.4 氨基酸含量分析

由表4可知,在不同规格杂交鲟肌肉中,共检测出18种氨基酸。其中含有人体必需氨基酸8种,包括甲硫氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、赖氨酸(Lys)、亮氨酸(Leu)、苯丙氨酸(Phe)、色氨酸(Trp)、缬氨酸(Val)、苏氨酸(Thr);非必需氨基酸10种,包括组氨酸(His)、天门冬氨酸(Asp)、半胱氨酸(Cys)、丝氨酸(Ser)、精氨酸(Arg)、甘氨酸(Gly)、脯氨酸(Pro)、丙氨酸(Ala)、酪氨酸

(Tyr)、谷氨酸(Glu)。必需氨基酸中,0.5~1.5 kg组赖氨酸含量最高,1.5~2.5 kg、2.5~3.5 kg组亮氨酸含量最高。呈味氨基酸的含量及组成决定了鱼类肌肉的鲜美程度^[8]。在呈味氨基酸中,丙氨酸含量最高,0.5~1.5 kg组呈味氨基酸含量最高。0.5~1.5 kg组必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)最低,2.5~3.5 kg组最高;0.5~1.5 kg组呈味氨基酸/总氨基酸(DAA/TAA)最高。

表4 不同生长阶段杂交鲟肌肉氨基酸组成

Table 4 Amino acids composition in muscles of hybrid sturgeon at different growth stages %

项目 Items	生长阶段 Growth stages		
	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg
异亮氨酸 Ile*	1.06±0.24	1.22±0.09	1.29±0.06
亮氨酸 Leu*	1.43±0.15	1.59±0.15	1.42±0.14
赖氨酸 Lys*	1.55±0.06 ^a	1.42±0.04 ^b	1.39±0.05 ^b
苏氨酸 Thr*	1.26±0.09	1.05±0.14	1.02±0.19
缬氨酸 Val*	1.19±0.23	1.13±0.15	0.87±0.06

续表 4

项目 Items	生长阶段 Growth stages		
	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg
色氨酸 Trp*	1.23±0.05 ^a	1.13±0.06 ^a	0.97±0.06 ^b
苯丙氨酸 Phe*	0.43±0.04	0.42±0.10	0.39±0.04
甲硫氨酸 Met*	0.13±0.12	0.05±0.06	0.02±0.16
组氨酸 His	0.003 3±0.000 6	0.003 0±0.001 0	0.002 3±0.000 6
天门冬氨酸 Asp [△]	0.87±0.06	0.92±0.11	0.91±0.25
半胱氨酸 Cys	0.11±0.17	0.19±0.33	0.43±0.55
丝氨酸 Ser	1.76±0.16	1.60±0.27	1.26±0.22
精氨酸 Arg	0.08±0.01	0.10±0.02	0.08±0.00
甘氨酸 Gly [△]	0.21±0.04	0.20±0.02	0.21±0.08
脯氨酸 Pro	0.31±0.07	0.29±0.02	0.22±0.03
丙氨酸 Ala [△]	5.35±0.68	4.63±0.52	4.29±0.39
酪氨酸 Tyr	0.85±0.15	0.85±0.09	0.73±0.12
谷氨酸 Glu [△]	1.33±0.22	1.34±0.10	1.42±0.17
总氨基酸 TAA	19.01	18.16	17.21
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	74.80	79.35	80.16
必需氨基酸/总氨基酸 EAA/TAA	42.79	44.24	44.49
呈味氨基酸/总氨基酸 DAA/TAA	40.83	39.05	39.69

“△”为呈味氨基酸,“*”为必需氨基酸。“△” were delicious amino acids, and “*” were essential amino acids.

不同生长阶段杂家鲟和四大家鱼氨基酸组成比较见表 5,四大家鱼的 EAA/NEAA 在 68.24%~71.13%,不同生长阶段杂交鲟在 74.80%~

80.16%。四大家鱼在 EAA/TAA 40.55%~41.56%,不同生长阶段杂交鲟在 42.79%~44.49%。

表 5 不同生长阶段杂交鲟与其他鱼氨基酸组成比较

Table 5 Comparison of amino acids composition between different growth stages hybrid sturgeon and other fishes

项目 Items	必需氨基酸/非必需氨基酸	必需氨基酸/总氨基酸	呈味氨基酸/总氨基酸
	EAA/NEAA	EAA/TAA	DAA/TAA
杂交鲟 Hybrid sturgeon (0.5~1.5 kg)	74.80	42.79	40.83
杂交鲟 Hybrid sturgeon (1.5~2.5 kg)	79.35	44.24	39.05
杂交鲟 Hybrid sturgeon (2.5~3.5 kg)	80.16	44.49	39.69
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> ^[8]	68.24	40.55	42.11
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> ^[8]	70.33	41.29	41.75
鲢鱼 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> ^[8]	70.80	41.45	41.82
鳙鱼 <i>Aristichthys nobilis</i> ^[8]	71.13	41.56	41.79

将表 4 中杂交鲟肌肉中氨基酸的百分含量,按照公式换算成氨基酸标准含量(mg/g N),进行氨基酸评分标准模式及全鸡蛋蛋白质模式的 2 种评价,分别计算出各必需氨基酸的 CS 和 AAS 及 EAAI。在 2 种评价系统中,0.5~1.5 kg、1.5~2.5 kg 杂交鲟的第一限制性氨基酸均为蛋氨酸+半胱氨酸,第二限制性氨基酸为色氨酸,2.5~3.5 kg 杂交鲟第一限制性氨基酸为色氨酸,第二限制性

氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸。2 种评价模式所得结果一致。

2.5 脂肪酸含量分析

由表 7 可知,在不同生长阶段杂交鲟中共检测出 11 种脂肪酸,即 4 种饱和脂肪酸(SFA),3 种单不饱和脂肪酸(MUFA)和 4 种多不饱和脂肪酸(PUFA)。在饱和脂肪酸中,含量最低的是 C20:0,各组杂交鲟中,0.5~1.5 kg 组含量最低。C18:2 为含量

最高的不饱和脂肪酸。0.5~1.5 kg 组多不饱和脂肪酸总量显著高于其他 2 组($P<0.05$)。

表 6 不同生长阶段杂交鲟肌肉蛋白质营养价值评分

Table 6 Protein nutrition value score in muscles of hybrid sturgeon at different growth stages

评价模式 Evaluation models	氨基酸 Amino acids	生长阶段 Growth stages		
		0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg
化学评分 CS	异亮氨酸 Ile	0.99	1.17	1.28
	亮氨酸 Leu	0.83	0.95	0.87
	赖氨酸 Lys	1.09	1.02	1.04
	苏氨酸 Thr	1.34	1.14	1.15
	缬氨酸 Val	0.90	0.88	0.70
	色氨酸 Trp	0.38	0.36	0.32
	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	0.70	0.71	0.65
	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.19	0.20	0.38
	异亮氨酸 Ile	1.31	1.55	1.70
	亮氨酸 Leu	1.01	1.15	1.06
氨基酸评分 AAS	赖氨酸 Lys	1.41	1.33	1.34
	苏氨酸 Thr	1.56	1.34	1.34
	缬氨酸 Val	1.19	1.16	0.92
	色氨酸 Trp	0.64	0.60	0.53
	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.04	1.06	0.97
	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.34	0.35	0.67
	必需氨基酸指数 EAAI	69.77	70.13	72.36

表 7 不同生长阶段杂交鲟肌肉脂肪酸组成

Table 7 Fatty acids composition in muscles of hybrid sturgeon at different growth stages

%

项目 Items	生长阶段 Growth stages		
	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg	0.5~1.5 kg
饱和脂肪酸 SFA			
C14:0	1.61±0.26	1.63±0.90	1.47±0.10
C16:0	18.90±2.01	18.29±1.16	18.42±0.75
C18:0	3.51±0.11	3.30±0.49	3.49±0.62
C20:0	0.13±0.03	0.15±0.03	0.15±0.06
Σ SFA	24.15±2.35	23.36±1.42	23.52±1.32
单不饱和脂肪酸 MUFA			
C16:1	2.40±0.14	2.42±0.13	2.65±0.19
C18:1	31.12±3.00	32.16±1.38	34.13±1.34
C20:1	1.96±0.05 ^a	1.77±0.06 ^b	1.66±0.04 ^c
Σ MUFA	35.49±2.94	36.35±1.34	38.45±1.50
多不饱和脂肪酸 PUFA			
C18:2	34.26±0.50 ^a	31.83±0.96 ^b	31.73±1.17 ^b
C18:3	3.75±0.10 ^a	3.50±0.25 ^b	2.68±0.23 ^b
C20:2	1.02±0.07 ^a	0.99±0.05 ^a	0.88±0.04 ^b
C20:4	0.46±0.08	0.33±0.08	0.32±0.08
Σ PUFA	39.28±0.31 ^a	36.66±0.62 ^b	35.76±1.53 ^b

3 讨论

3.1 杂交鲟基本营养成分评价

鱼体肌肉营养成分和其生长环境、活动空间、生长阶段、饲料组成等都有着紧密的联系,其中受饲料影响最大^[9-10]。依据在体内的分布和作用,将体内的脂类分为组织脂类和贮备脂类,组织脂类的含量不受生长发育阶段的影响,贮备脂肪含量和组成受饲料组成的显著影响^[11]。在对翘嘴红鲌(*Erythroculter ilishaeformis*)^[12]的研究中表明,摄食高脂饲料后,翘嘴红鲌肝脏粗脂肪含量、脏体比均显著升高;对美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)^[13]的研究中也发现,饲料中脂肪含量高时,体蛋白质含量降低,体脂肪含量升高;随着饲料中粗脂肪含量的升高,红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)的全鱼粗脂肪含量显著增加^[14],在对野生和养殖红鳍东方鲀的研究中发现,长期投喂高脂鲜杂鱼是造成养殖红鳍东方鲀脂肪累积的原因^[15]。综上所述,鱼体粗脂肪含量高很大程度是受饲料中粗脂肪含量的影响。在本试验中,2.5~3.5 kg 组肌肉粗脂肪含量高于其他 2 组,可能原因一方面是投喂饲料中粗脂肪含量高,故被摄食后,鱼体粗脂肪含量增加;另一方面,随着鱼体的生长发育,肌肉中逐渐沉积脂肪,这和对翘嘴红鲌的研究结果^[16]一致。

3.2 杂交鲟维生素评价

维生素 A 参与糖蛋白的合成过程,对上皮组织细胞的健康、免疫球蛋白的合成有重要作用,还对视觉功能有较大作用,维生素 A 严重缺乏时,产生夜盲症^[17]。凡纳滨对虾虾头维生素 A 含量为 0.5 mg/kg,肌肉中没有检测出维生素 A^[17],0.5~3.5 kg 杂交鲟肌肉中的维生素 A 含量均高于凡纳滨对虾,说明就维生素 A 而言,杂交鲟营养价值高于凡纳滨对虾,特别是 0.5~1.5 kg 杂交鲟。维生素 E 具有抑制脂质过氧化及形成自由基的作用,是最主要的抗氧化剂之一,还可对水产动物肌肉所含的磷脂酶 A2 产生抑制作用,降低组织脂肪的氧化,达到改善肉质、提高肉品质等的作用^[18-19]。凡纳滨对虾的虾头和肌肉中维生素 E 含量分别为 2.1 和 1.3 mg/kg^[17],均高于 0.5~3.5 kg 的杂交鲟。

3.3 杂交鲟氨基酸评价

机体氨基酸平衡状况决定了蛋白质的生物学

价值,只有供体蛋白质中所含氨基酸比例与将合成蛋白质一致时,才能够被充分利用。在不考虑蛋白质消化率的条件下,被食用肌肉中氨基酸组成比例和人体蛋白质氨基酸组成比例越接近,它的生物学价值越高^[20-21]。鱼体对蛋白质的积累,是通过饲料中氨基酸的合成来完成的,饲料的差异会影响鱼类氨基酸的组成和蛋白质的合成^[22-24]。在 FAO/WHO 的理想模式中,氨基酸组成中的 EAA/TAA 在 40% 左右,EAA/NEAA 在 60% 以上,即认为是优质蛋白质。不同规格杂交鲟中,EAA/TAA 在 42%~45%,均高于四大家鱼的 EAA/TAA;EAA/NEAA 在 75%~80%,也都高于四大家鱼。这证明处于不同生长阶段的杂交鲟蛋白质营养价值均处于较高水平,但相比较而言,2.5~3.5 kg 杂交鲟营养价值更高。

杂交鲟所含人体所需必需氨基酸中,赖氨酸含量较高,这和中华沙鳅(*Botia supercilialis*)^[25]、瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)^[26]、刺鲃(*Mastacembelus aculeatus*)^[27]等的研究结果一致。赖氨酸在谷类中含量低,且生产时比较敏感,在人体营养物质需求研究中,赖氨酸一般被视为第一限制性氨基酸^[28],被称为“生长氨基酸”的赖氨酸,可以弥补谷类食物赖氨酸不足,促进对谷类蛋白质的吸收利用^[29],因此鱼体肌肉中丰富的赖氨酸可以完善膳食结构^[30]。0.5~1.5 kg 杂交鲟赖氨酸含量最高,其氨基酸营养价值高。本试验中,2 种较小规格杂交鲟的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸,第二限制性氨基酸为色氨酸;2.5~3.5 kg 杂交鲟中色氨酸为第一限制性氨基酸,蛋氨酸+半胱氨酸为第二限制性氨基酸。这和庄平等^[31]对野生中华鲟的研究结果相似。

鱼类的必需氨基酸共 10 种,除人体必需 8 种氨基酸外,还有精氨酸和组氨酸。鱼体的酪氨酸可由苯丙氨酸转变而来,胱氨酸可由蛋氨酸转变而来,故酪氨酸和胱氨酸为“半必需氨基酸”。组氨酸是鱼类必需氨基酸,鱼体不能合成,或合成的速度不能满足机体需要,必须从食物中摄取,本试验中,各组杂交鲟肌肉中组氨酸含量和其他氨基酸相比,含量较低,这可能是摄食饲料中含量较少的原因。

必需氨基酸指数能够反映必需氨基酸含量与标准蛋白质接近的程度,数值越高,说明氨基酸组成越平衡,蛋白质质量越高,被人体利用率越高,

反之,蛋白质质量低,难以被人体吸收利用。滋补水产品雄甲鱼与雌甲鱼的 EAAI 分别为 53.70、50.93^[32],大弹涂鱼的 EAAI 为 58.19^[33],人工养殖宽体沙鳅 EAAI 为 63.94^[29],不同规格杂交鲟的 EAAI 均值高于 69,表明杂交鲟的肌肉蛋白质营养价值较高。

3.4 杂交鲟脂肪酸评价

鱼类是变温动物,不同种类的鱼体所需的必需脂肪酸有较大差异,脂肪酸的相对含量随着年龄、性别、温度等的不同而变化,且在很大程度上还受到食物的影响。脂肪酸含量和组成是衡量鱼类肌肉营养品质的重要指标之一^[34]。不饱和脂肪酸不仅有保护心脏、调节血脂、降低胆固醇、促进脂肪代谢等作用^[35-36],还有延缓衰老、调节免疫力等保健作用,能有效降低心血管疾病的发生^[37-39]。多不饱和脂肪酸可预防动脉粥样硬化,降低血液中的甘油三酯含量,血小板膜磷脂释放的多不饱和脂肪酸和合成血栓素 A 能够促进血小板凝集和收缩血管;血管壁膜磷脂释放的多不饱和脂肪酸可合成前列环素,两者之间的平衡具有调节血小板和血管的功能^[40]。0.5~1.5 kg 组不饱和脂肪酸含量最高,相比其他 2 组,其营养成分更符合人体需求,营养价值相对较高。其可能原因是不同阶段杂交鲟投喂饲料不同,饲料中粗脂肪含量及组成差异而导致的。就脂肪酸而言,在 0.5~1.5 kg 杂交鲟营养价值最高。

C18:3 和 C18:2 会增加甘油三酯的分解并减缓其合成,降低鱼体对脂肪的沉积效率,从而有效降低鱼体粗脂肪含量^[41]。本研究结果表明,0.5~1.5 kg 组肌肉 C18:3 和 C18:2 含量显著高于其他 2 组,随着鱼体规格的增大,肌肉 C18:3 和 C18:2 含量逐渐降低。这和随着鱼体规格增大,肌肉粗脂肪含量逐渐升高这一结果相互应。

n-3 多不饱和脂肪酸在满足自身代谢所需后,多出的则在体内沉积,可诱导线粒体中的解偶联蛋白,加强线粒体中的 β -氧化,从而降低鱼体脂肪的沉积量^[40]。因为海水鱼和淡水鱼的脂肪酸代谢途径不同,故两者的必需脂肪酸不同。淡水鱼必需脂肪酸有 4 种,即 C18:3、C18:2、二十碳五烯酸、二十二碳六烯酸;而海水鱼中二十碳以上 n-3 高度不饱和脂肪酸才是必需氨基酸^[11]。n-3 多不饱和脂肪酸是人体无法自行合成的,同时也是人体合成内生性物质必要的营养素,只能通过食物

补充,人体生理机能才得以正常运行,其中 C18:3 会影响婴幼儿和青少年的智力、视力发育^[42]。0.5~1.5 kg 杂交鲟肌肉 C18:3 含量高,多食用可以补充人体 C18:3 含量。

4 结 论

不同生长阶段杂交鲟 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 均高于 FAO/WHO 的理想模式,赖氨酸含量丰富。就蛋白质营养而言,2.5~3.5 kg 杂交鲟营养价值更高;就脂肪酸营养而言,0.5~1.5 kg 杂交鲟营养价值更高。总而言之,杂交鲟营养物质丰富,是优质的膳食蛋白质来源。

参考文献:

- [1] 石振广,董双林,王云山,等.我国鲟鱼养殖业现状及问题分析[J].中国渔业经济,2008,26(2):58-62.
- [2] 吴越,沈硕,熊善柏,等.匙吻鲟软骨蛋白酶解工艺优化[J].食品科学,2010,31(22):160-163.
- [3] 王丽宏,吉红,胡家,等.匙吻鲟、杂交鲟和鳙肌肉品质的比较研究[J].食品科学,2014,35(1):62-68.
- [4] 庄平,宋超,章龙珍,等.野生中华鲟成鱼与幼鱼肌肉成分比较[J].营养学报,2010,32(4):385-389.
- [5] World Health Organisation Ad Hoc Expert Committee. Energy and protein requirements [R]. Rome: FAO, 1973:20-33.
- [6] 杨月欣,王光亚,潘兴昌.中国食物成分表[M].北京:北京医科大学出版社,2002:221-281.
- [7] BIEL W, BOBKO K, MACIOROWSKI R. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain [J]. Journal of Cereal Science, 2009, 49(3):413-418.
- [8] 范海霞,吴志强,胡茂林.鄱阳湖不同生长阶段短颌鲚生化成分和能量的变化[J].水产科学,2011,30(2):91-93.
- [9] 尹洪滨,孙中武,孙大江,等.6种养殖鲟鲤鱼肌肉营养成分的比较分析[J].大连水产学院学报,2004,19(2):92-96.
- [10] 高露姣,楼宝,毛国民,等.不同饵料饲养的褐牙鲟肌肉营养成分的比较[J].海洋渔业,2009,31(3):293-299.
- [11] 李爱杰.水产动物营养与饲料学[M].北京:中国农业出版社,1996:37.
- [12] 刘波,唐永凯,俞菊华,等.饲料脂肪对翘嘴红鲌生长、葡萄糖激酶和葡萄糖-6-磷酸酶活性与基因表达的影响[J].中国水产科学,2008,15(6):1024-1033.

- [13] DANIELS W H, ROBINSON E H. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) [J]. *Aquaculture*, 1986, 53(3/4): 243-252.
- [14] 孙阳, 姜志强, 李艳秋, 等. 饲料脂肪水平对红鳍东方鲀幼鱼生长、体组成及血液指标的影响[J]. *天津农学院学报*, 2013, 20(3): 14-18.
- [15] 于久翔, 高小强, 韩岑, 等. 野生和养殖红鳍东方鲀营养品质的比较分析[J]. *动物营养学报*, 2016, 28(9): 2987-2997.
- [16] 肖英平, 刘胜高, 张俊, 等. 不同生长阶段翘嘴红鲌肌肉营养成分分析[J]. *营养学报*, 2016, 38(2): 203-205.
- [17] 李晓, 王颖, 李红艳, 等. 凡纳滨对虾虾头与肌肉营养成分分析与评价[J]. *水产科学*, 2018, 37(1): 66-72.
- [18] 郭红菊. 维生素 E 功能的研究进展[J]. *天水师范学院学报*, 2005, 25(5): 44-46.
- [19] 高秦燕, 亓小红, 郭传甲. VE 对生长育肥猪的应激、免疫及肉品质的影响[J]. *山西农业大学学报: 自然科学版*, 2003, 23(2): 139-142.
- [20] 王彩理, 郭晓华, 苑德顺, 等. 不同生长阶段大菱鲆的氨基酸评价分析[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(1): 104-107.
- [21] 王广军, 关胜军, 吴锐全, 等. 大口黑鲈肌肉营养成分分析及营养评价[J]. *海洋渔业*, 2008, 30(3): 239-244.
- [22] MAI K S, WAN J L, AI Q H, et al. Dietary methionine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R [J]. *Aquaculture*, 2006, 253(1/2/3/4): 564-572.
- [23] ALAM M S, TESHIMA S, ISHIKAWA M, et al. Methionine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by the oxidation of radioactive methionine [J]. *Aquaculture Nutrition*, 2001, 7(3): 201-209.
- [24] 何远法, 郭勇, 迟淑艳, 等. 低鱼粉饲料中补充蛋氨酸对军曹鱼生长性能、体成分及肌肉氨基酸组成的影响[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(2): 624-634.
- [25] 普炯, 贾砾, 苏胜齐, 等. 中华沙鳅含肉率及肌肉营养成分分析[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2014, 36(3): 42-48.
- [26] 颜孙安, 姚清华, 林香信, 等. 不同养殖密度对瓦氏黄颡鱼肌肉中氨基酸组成的影响[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(12): 3128-3134.
- [27] 伍远安, 梁志强, 李传武, 等. 两种刺鲃肌肉营养成分分析及评价[J]. *营养学报*, 2010, 32(5): 499-502.
- [28] 黄元新, 鲁力. 赖氨酸对机体健康促进作用的研究进展[J]. *广西医学*, 2008, 30(7): 1031-1033.
- [29] 唐瑞, 王永明, 谢碧文, 等. 人工养殖宽体沙鳅亲鱼肌肉营养成分分析与评价[J]. *水生态学杂志*, 2018, 39(5): 84-88.
- [30] 石奇立. 杂交鲟的营养评价及其软骨多糖的初步研究[D]. 硕士学位论文. 上海: 上海海洋大学, 2014.
- [31] 庄平, 宋超, 章龙珍, 等. 转食不同饵料对野生中华鲟幼鱼肌肉营养成分的影响[J]. *水生生物学报*, 2009, 33(5): 998-1004.
- [32] 杨文鸽, 李太武, 徐大伦, 等. 外塘雌雄甲鱼肌肉营养成分的分析与评价[J]. *水利渔业*, 2004, 24(1): 15-16, 18.
- [33] 龚艳琴, 李玉艳, 夏中生, 等. 大弹涂鱼鱼体和肌肉营养成分分析及营养评价[J]. *广西农业生物科学*, 2008, 27(4): 392-395.
- [34] 姜琳琳. 鱼肉中挥发性风味物质的研究进展[J]. *渔业现代化*, 2007, 34(5): 56, 54.
- [35] 王建新, 邴旭文, 张成锋, 等. 梭鱼肌肉营养成分与品质的评价[J]. *渔业科学进展*, 2010, 31(2): 60-66.
- [36] 王艳艳, 詹会祥, 李正友, 等. 野生云南光唇鱼肌肉营养成分分析及品质评价[J]. *南方农业学报*, 2017, 48(3): 507-511.
- [37] 张永刚, 印遇龙, 黄瑞林, 等. 多不饱和脂肪酸的营养作用及其基因表达调控[J]. *食品科学*, 2006, 27(1): 273-277.
- [38] 王思宇, 郑永华, 唐洪玉, 等. 灰裂腹鱼肌肉营养分析与评价[J]. *淡水渔业*, 2018, 48(2): 80-86.
- [39] 张越华, 曾和平. 脂肪酸在生命过程中的作用研究进展[J]. *中国油脂*, 2006, 31(12): 11-16.
- [40] 张晓图, 杜晨红, 丁小娟, 等. 多不饱和脂肪酸的生物学功能及其在动物生产中的应用[J]. *动物营养学报*, 2017, 29(9): 3059-3067.
- [41] 李伟龙, 白富瑾, 王双, 等. 不同蚕蛹油与大豆油组合对吉富罗非鱼生长性能、体组成及脂质代谢的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(3): 1220-1230.
- [42] 孙翔宇, 高贵田, 段爱莉, 等. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(7): 418-423.

Comparative Study on Nutrient Components in Muscle of Hybrid Sturgeon at Different Growth Stages

ZHANG Meiyang ZNEG Sheng YANG Xing WANG Yanyan ZHAO Fei YANG Xing*

(Fisheries Research Institute, Guizhou Academy of Agriculture Sciences, Guiyang 550025, China)

Abstract: This study was conducted to compare the difference of nutrient components in muscle of hybrid sturgeon (*Acipenser schrenckii* ♀ × *Acipenser baeri* ♂) at different growth stages. Four Hybrid sturgeon were selected from 0.5 to 1.5 kg, 1.5 to 2.5 kg and 2.5 to 3.5 kg stages, respectively, and collected the back muscle, analysed and determined the nutrient components of muscle by methods of international standard. The results showed as follows: 1) the crude lipid content of 2.5 to 3.5 kg group was significantly higher than that of 0.5 to 1.5 kg group ($P < 0.05$). 2) There was no significant difference in the content of minerals of muscle among three groups ($P > 0.05$). 3) With the increase of weight, the vitamin A content in muscle decreased, and the difference was significant among groups ($P < 0.05$). 4) The first limiting amino acid of 0.5 to 1.5 kg and 1.5 to 2.5 kg hybrid sturgeon were methionine+cysteine (Met+Cys), and the second limiting amino acid was tryptophan (Trp); however, 2.5 to 3.5 kg hybrid sturgeon first limiting amino acid was Trp, and the second limiting amino acid was Met+Cys. 5) The content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in muscle of 0.5 to 1.5 kg group was significantly higher than that of other groups ($P < 0.05$). In conclusion, muscle of hybrid sturgeon in three groups are rich in vitamins, amino acids and fatty acids. In terms of protein, nutritional value of 2.5 to 3.5 kg hybrid sturgeon is higher. However, fatty acids nutrition of 0.5 to 1.5 kg hybrid sturgeon is higher. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(9):4378-4386]

Key words: hybrid sturgeon; basic nutrition; mineral; vitamin; amino acid; fatty acid