

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2020.19153

大西洋鲑、三倍体虹鳟和金鳟的肌肉营养成分与品质特性

张殿福¹, 吴雷^{1, 3}, 张学振¹, 王力¹, 陈菲菲¹, 张峰¹, 滕振雷¹, 王龙¹, 黄涛涛¹, 田大才²

1. 华中农业大学水产学院, 湖北省池塘养殖工程实验室, 长江经济带大宗水生生物产业绿色发展教育部工程研究中心, 湖北 武汉 430070;
2. 恩施州国硒冷水渔业开发有限公司, 湖北 恩施 445300;
3. 武汉中科瑞华生态科技股份有限公司, 湖北 武汉 430000

摘要: 为了解大西洋鲑(*Salmo salar*)、三倍体虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)、金鳟(*Oncorhynchus mykiss*) 3 种鱼肌肉营养成分和品质特性, 利用生化分析、物性分析方法分析 3 种鱼肌肉的营养成分、氨基酸和脂肪酸组成、肉色、系水力和质构特性。结果表明, 大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉的水分质量分数分别为 62.91%、67.15%、73.02%, 粗蛋白质量分数分别为 22.39%、21.03%、22.11%, 粗脂肪质量分数分别为 14.64%、17.16%、5.11%。3 种鱼肌肉的滴水损失、黄色值(b^*)、羟脯氨酸含量、内聚性均显著不差异($P>0.05$)。3 种鱼肌肉的硬度和咀嚼性由低到高依次为大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟, 而 pH 值的结果则与之相反($P<0.05$)。大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉的灰分、解冻损失、蒸煮损失、回复性、弹性和红色值(a^*)差异不显著($P>0.05$), 但灰分、蒸煮损失、回复性均小于金鳟肌肉的对应指标($P<0.05$), 弹性和红色值(a^*)则均大于金鳟肌肉的对应指标($P<0.05$)。大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉中必需氨基酸含量占氨基酸总量分别为 42.28%、41.84%、41.63%(质量分数), 必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)比值分别为 73.25%、71.94%、71.32%, 均符合联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)对优质蛋白质的评价标准; 3 种鱼肌肉中均检测到 22 种脂肪酸, 组成丰富, 其中不饱和脂肪酸含量较高。综上所述, 3 种鱼的肌肉都是符合人体营养需求的优质水产品, 其中大西洋鲑和三倍体虹鳟肉质接近, 且都优于金鳟的肉质。

关键词: 大西洋鲑; 三倍体虹鳟; 金鳟; 肌肉品质; 营养成分; 质构特性

中图分类号: S963

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2020)02-0186-09

鱼肉的品质在很大程度上取决于鱼体肌肉特性, 高品质鱼肉一般具有高硬度、高蛋白和低脂肪等特点, 肌肉硬度又跟肌纤维密度和胶原蛋白含量等密切相关^[1]。大西洋鲑(*Salmo salar*)隶属于鲑形目(Salmoniformes)鲑科(Salmonidae)鲑属, 2010 年引进中国并开展工业化养殖。虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)属鲑形目(Salmoniformes)鲑科(Salmonidae)太平洋鲑属(或大麻哈鱼属), 目前已在中国 20 多个省(市、自治区)推广和养殖, 三倍

体虹鳟是基于遗传特性和生产实践产生的多倍体虹鳟, 具有更快的生长速度, 经济价值优于二倍体虹鳟。金鳟(*Oncorhynchus mykiss*)是由虹鳟产生的金黄色体的变种, 除了具有较高的营养价值外, 还具有一定的观赏价值, 在中国也有大量养殖, 已成为中国继虹鳟之后第二重要的鳟类养殖品种^[2]。3 种鱼均是世界性的鲑鳟养殖种类, 且在中国广泛分布, 目前关于影响鲑鳟类肌肉品质的研究主要集中在营养成分^[3-4]、养殖模式^[5-6]、微量

收稿日期: 2019-06-24; 修订日期: 2019-07-25.

基金项目: 国家重点研发计划专项(2019YFD0900303); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2662019FW013, 2662015PY024).

作者简介: 张殿福(1992-), 男, 博士研究生, 研究方向为水产健康养殖. E-mail: 1273006198@qq.com

通信作者: 张学振, 教授, 研究方向为水产品质量安全. E-mail: xuezhen@mail.hzau.edu.cn

元素^[7]、饲料组成^[8]和品种差异^[9]等。目前关于3种鱼各自的肌肉品质已有相关报道,然而关于此3种鲑鳟类商品鱼的营养价值和肌肉品质的比较研究却鲜见报道。本研究对商品规格的大西洋鲑、三倍体虹鳟和金鳟的营养价值和肌肉品质进行比较分析,进一步丰富鲑鳟类的生物学研究,为提高养殖鲑鳟类的商品鱼质量和促进配合饲料的研制提供数据支持和参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

大西洋鲑(产地:挪威)购自湖北省武汉市华南海鲜批发市场,体重(6196.67 ± 196.55) g;三倍体虹鳟购自青海民泽龙羊峡生态水殖有限公司,体重(5193.33 ± 219.62) g;金鳟购自恩施州国硒冷水渔业开发有限公司,每种鱼取样3尾,每次测定重复3次。体重(1966.00 ± 74.31) g。

1.2 实验方法

1.2.1 营养成分测定 肌肉中水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、氨基酸组成、脂肪酸组成分别参照GB 5009.3-2016(恒温干燥法)^[10]、GB 5009.5-2016(凯氏定氮法)^[11]、GB 5009.6-2016(索氏抽提法)^[12]、GB 5009.4-2016(550℃灼烧法)^[13]、GB 5009.124-2016(日立L-8900型氨基酸分析仪)^[14]、GB 5009.168-2016(气相色谱仪)^[15]测定,羟脯氨酸含量利用试剂盒(南京建成)测定。

1.2.2 物理特性测定 系水力(滴水损失、解冻损失、蒸煮损失)的测定分别参考Honikel^[16]、Mortensen等^[17]、Erdogdu等^[18]的方法;pH用精密pH计(奥豪斯ST3100)测定;色度利用台CM-5色彩色差仪(柯尼卡美能达有限公司)测定。

1.2.3 质构测定 参照马玲巧等^[19]的方法并改进,选取背部侧线上方完整的新鲜肌肉块,裁剪成2 cm×1.5 cm×1.5 cm小方块,采用TA.XT.Plus型质构仪(英国Stable Micro. Sys)在质地剖面分析(texture profile analysis, TPA)模式下测定各质构特性参数,主要包括弹性、咀嚼性、硬度、胶黏性、内聚性和回复性。测定时使用探头P/36R平底柱形探头,对试样进行2次压缩即TPA测试。条件为:测试速率2 mm/s,压缩比30%,停留间

隔时间5 s,数据收集率为200 pps,样品TPA测试在室温下进行。

1.3 统计分析

实验数据均采用平均值±标准差($\bar{x} \pm SD$)表示,由SPSS19.0统计软件进行统计学分析,用其中的独立样本T检验分析3种鱼之间各参数的显著性,显著性水平设定为0.05。

2 结果与分析

2.1 肌肉理化指标

大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉的滴水损失、黄色值差异不显著($P>0.05$),大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉的水分、灰分、粗脂肪、蒸煮损失、红色值差异不显著($P>0.05$),但都显著低于金鳟($P<0.05$);大西洋鲑和金鳟肌肉解冻损失和三倍体虹鳟的差异不显著($P>0.05$),但大西洋鲑肌肉解冻损失显著低于金鳟的解冻损失($P<0.05$);3种鱼肌肉的pH差异显著($P<0.05$),且大西洋鲑的最高,金鳟的最低。大西洋鲑和金鳟肌肉的粗蛋白、亮度值差异不显著($P>0.05$),但都显著高于三倍体虹鳟的对应指标($P<0.05$,表1)。

2.2 肌肉羟脯氨酸含量

大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉的羟脯氨酸含量分别为0.0449%、0.0413%、0.0507%,根据换算,胶原蛋白含量分别为0.4986%、0.4583%、0.5626%,分别占鱼肉粗蛋白含量的2.23%、2.18%、2.54%,三种鱼之间没有显著差异($P>0.05$,表2)。

2.3 肌肉氨基酸组成

除色氨酸被水解破坏外,3种鱼的肌肉均检测到17种氨基酸,均含有4种鲜味氨基酸(DAA),其中谷氨酸含量在3种鱼肌肉中都是最高的,含量最低的氨基酸是胱氨酸,3种鱼肌肉DAA占氨基酸总量(TAA)分别为35.91%、36.28%、36.69%,必需氨基酸(EAA)含量占氨基酸总量(TAA)分别为42.28%、41.84%、41.63%,非必需氨基酸(NEAA)含量占氨基酸总量(TAA)分别为57.72%、58.16%、58.37%,EAA/NEAA分别为73.25%、71.94%、71.32%(表3)。

表 1 3 种鱼类肌肉的理化指标
Tab. 1 Main physicochemical indexes
of the flesh of 3 fish species

理化成分 physicochemical index	n=3; $\bar{x} \pm SD$		
	大西洋鲑 <i>Salmo salar</i>	三倍体虹鳟 triploid <i>On- corhynchus mykiss</i>	金鳟 golden <i>On- corhynchus mykiss</i>
水分/% moisture	62.91±1.55 ^a	61.15±4.14 ^a	73.02±1.04 ^b
灰分/% ash	3.43±0.70 ^a	2.97±0.50 ^a	5.31±0.45 ^b
粗蛋白/% crude protein	22.39±1.51 ^a	21.03±1.20 ^b	22.11±0.39 ^a
粗脂肪/% crude fat	14.64±2.24 ^a	17.16±4.08 ^a	5.11±1.33 ^b
滴水损失/% drip loss	60.14±3.26	57.82±3.88	60.28±4.34
解冻损失/% thaw loss	6.01±1.86 ^a	7.62±2.21 ^{ab}	8.37±1.42 ^b
蒸煮损失/% cooking loss	21.51±4.44 ^a	22.20±2.28 ^a	26.12±2.86 ^b
pH	6.20±0.15 ^a	6.05±0.06 ^b	5.65±0.07 ^c
亮度(L*)	62.67±1.17 ^a	61.55±0.61 ^b	63.41±1.33 ^a
红色(a*)	1.65±0.54 ^a	2.04±0.80 ^a	0.79±0.41 ^b
黄色(b*)	1.92±0.82	2.15±0.79	2.25±0.94

注：表格中同行肩标相同字母或者无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: In the same row, the same small letter superscripts or no letter superscripts mean no significant differences ($P>0.05$), and different small letter superscripts mean significant differences ($P<0.05$).

表 2 肌肉羟脯氨酸及胶原蛋白含量
Tab. 2 Hydroxyproline and collagen content
in the flesh of 3 fish species

成分 composition	n=3; $\bar{x} \pm SD$; %		
	大西洋鲑 <i>Salmo salar</i>	三倍体虹鳟 triploid <i>On- corhynchus mykiss</i>	金鳟 golden <i>On- corhynchus mykiss</i>
羟脯氨酸 Hyp	0.0449±0.0140	0.0413±0.0045	0.0507±0.0109
胶原蛋白 collagen	0.4986±0.1552	0.4583±0.0494	0.5626±0.1211

2.4 肌肉脂肪酸组成

3 种鱼肌肉中均检测出 22 种脂肪酸，包含 8 种饱和脂肪酸(SFA)和 14 种不饱和脂肪酸。3 种鱼肌肉中饱和脂肪酸(SFA)含量由高到低依次为三倍体虹鳟(20.70%)、大西洋鲑(18.29%)、金鳟(15.68%)，且具有显著差异($P<0.05$)；单不饱和脂肪酸(MUFA)含量由高到低依次为大西洋鲑(53.37%)、金鳟(51.59%)、三倍体虹鳟(38.05%)；多不饱和脂肪酸(PUFA)含量由高到低依次为三倍体虹鳟(41.26%)、金鳟(32.73%)、大西洋鲑(28.34%)，其中 EPA+DHA 的总含量由高到低依次为金鳟(8.95%)、三倍体虹鳟(6.91%)、大西洋鲑(6.7%) (表 4)。

表 3 3 种鱼类肌肉的氨基酸组成
Tab. 3 Amino acids composition in the flesh of 3 fish species
n=3; $\bar{x} \pm SD$; %

氨基酸 amino acid	大西洋鲑 <i>Salmo salar</i>	三倍体虹鳟 triploid <i>On- corhynchus mykiss</i>	金鳟 golden <i>On- corhynchus mykiss</i>
天冬氨酸 [#] Asp	10.51±0.04 ^a	10.7±0.02 ^b	10.54±0.13 ^{ab}
苏氨酸 ^{**} Thr	5.16±0.01 ^a	5.03±0.02 ^b	5.01±0.09 ^b
丝氨酸 [*] Ser	4.05±0.02 ^a	4.01±0.01 ^b	4.08±0.08 ^{ab}
谷氨酸 [*] Glu	14.15±0.10 ^a	14.57±0.09 ^b	14.83±0.09 ^c
甘氨酸 [#] Gly	4.73±0.05	4.66±0.01	4.84±0.23
丙氨酸 [#] Ala	6.52±0.00 ^a	6.35±0.04 ^b	6.48±0.07 ^{ab}
胱氨酸 [*] Cys	0.83±0.05 ^a	0.96±0.02 ^b	0.93±0.11 ^{ab}
缬氨酸 ^{**} Val	5.13±0.01 ^a	5.03±0.01 ^b	4.94±0.05 ^c
蛋氨酸 ^{**} Met	2.44±0.23 ^a	1.93±0.1 ^b	2.25±0.57 ^{ab}
异亮氨酸 ^{**} Ile	5.48±0.04 ^a	5.33±0.02 ^b	5.3±0.01 ^b
亮氨酸 ^{**} Leu	8.99±0.07	9.01±0.02	8.96±0.06
酪氨酸 [*] Tyr	3.85±0.00	3.7±0.14	3.84±0.25
苯丙氨酸 ^{**} Phe	4.6±0.03 ^a	4.71±0.01 ^b	4.62±0.09 ^{ab}
赖氨酸 ^{**} Lys	10.48±0.05 ^a	10.8±0.17 ^b	10.55±0.08 ^{ab}
组氨酸 [*] His	3.29±0.02 ^a	3.44±0.04 ^b	3.03±0.11 ^c
精氨酸 [*] Arg	6.29±0.06	6.33±0.01	6.35±0.06
脯氨酸 [*] Pro	3.5±0.08	3.44±0.02	3.45±0.11
DAA/TAA/%	35.91	36.28	36.69
EAA/TAA/%	42.28	41.84	41.63
NEAA/TAA/%	57.72	58.16	58.37
EAA/NEAA/%	73.25	71.94	71.32

注：[#]为鲜味氨基酸，^{**}为必需氨基酸，^{*}为非必需氨基酸。表格中同行肩标相同字母或者无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: [#] delicious amino acids, ^{**} essential amino acids, ^{*} nonessential amino acid. In the same row, values with same small letter superscripts or no letter superscripts mean no significant differences ($P>0.05$), and different small letter superscripts mean significant differences ($P<0.05$).

2.5 肌肉质构特性

3 种鱼肌肉在硬度、胶黏性、咀嚼性方面都具有显著性差异 ($P<0.05$)，且均为大西洋鲑肌肉的最小，金鳟肌肉的最大；大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉在弹性上差异不显著 ($P>0.05$)，但是两者都显著高于金鳟 ($P<0.05$)；大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉回复性差异不显著 ($P>0.05$)，但是两者都显著低于金鳟 ($P<0.05$)，三者肌肉的内聚性差异不显著 ($P>0.05$ ，表 5)。

表 4 3 种鱼类肌肉脂肪酸组成与含量
Tab. 4 Compositions and content of fatty acids in the flesh of 3 fish species

n=3; $\bar{x} \pm SD$; %			
脂肪酸 fatty acid	大西洋鲑 <i>Salmo salar</i>	三倍体虹鳟 triploid <i>On- corhynchus mykiss</i>	金鳟 golden <i>On- corhynchus mykiss</i>
C _{12:0}	0.037±0.002 ^a	0.022±0.002 ^b	0.021±0.002 ^b
C _{14:0}	1.67±0.04 ^a	1.55±0.11 ^a	1.10±0.07 ^b
C _{15:0}	0.18±0.002 ^a	0.19±0.013 ^a	0.15±0.012 ^b
C _{16:0}	12.26±0.55 ^a	14.26±0.29 ^b	11.22±0.47 ^a
C _{16:1}	3.75±0.19 ^a	3.17±0.43 ^b	1.97±0.16 ^c
C _{17:0}	0.22±0.01 ^a	0.21±0.01 ^a	0.14±0.01 ^b
C _{18:0}	3.56±0.21 ^a	4.11±0.33 ^b	2.68±0.16 ^c
C _{18:1}	47.31±0.27 ^a	32.01±1.56 ^b	46.46±1.24 ^a
C _{18:2}	14.22±0.35 ^a	27.02±1.44 ^b	16.27±0.50 ^c
C _{18:3n6}	0.35±0.01	0.48±0.20	0.36±0.04
C _{18:3n3}	4.36±0.33 ^a	3.49±0.20 ^b	4.24±0.25 ^a
C _{20:0}	0.25±0.01 ^a	0.23±0.01 ^b	0.26±0.01 ^a
C _{20:1}	1.84±0.05 ^a	1.90±0.17 ^a	2.32±0.20 ^b
C _{20:2}	0.66±0.02 ^a	1.25±0.27 ^b	0.94±0.11 ^{ab}
C _{20:3}	0.43±0.04 ^a	0.67±0.10 ^b	0.65±0.02 ^b
C _{20:4(ARA)}	0.50±0.01	0.51±0.11	0.61±0.07
C _{20:5(EPA)}	2.29±0.07 ^a	1.45±0.27 ^b	1.24±0.10 ^b
C _{22:0}	0.11±0.01	0.12±0.01	0.12±0.01
C _{22:1}	0.47±0.01 ^a	0.96±0.06 ^b	0.84±0.02 ^c
C _{22:3}	0.10±0.002 ^a	0.09±0.007 ^{ab}	0.08±0.012 ^b
C _{22:4}	0.11±0.01 ^a	0.12±0.01 ^{ab}	0.16±0.04 ^b
C _{22:5}	0.91±0.03 ^a	0.70±0.07 ^b	0.46±0.03 ^c
C _{22:6(DHA)}	4.41±0.12 ^a	5.47±0.32 ^b	7.71±0.58 ^c
ΣPUFA	28.34±0.68 ^a	41.26±1.96 ^b	32.73±0.21 ^c
ΣMUFA	53.37±0.15 ^a	38.05±2.07 ^b	51.59±0.89 ^a
ΣSFA	18.29±0.73 ^a	20.70±0.85 ^b	15.68±0.70 ^c
EPA+DHA	6.70±0.10 ^a	6.91±0.56 ^a	8.95±0.53 ^b

注：表格中同行肩标相同字母或者无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: In the same row, the same small letter superscripts or no letter superscripts mean no significant differences ($P>0.05$), and different small letter superscripts mean significant differences ($P<0.05$).

3 讨论

3.1 常规营养成分

一般营养成分(水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白)是影响肉品质的重要指标。一般认为，水分含量越高表示肉质越差，而鱼肉的营养价值主要体现在粗蛋白和粗脂肪含量上^[20]。研究表明，鲑鳟

类的肌肉蛋白质含量与鱼体大小有关，水分和粗脂肪含量呈负相关，而粗脂肪水平会受到内源和外源双重因素影响，灰分含量受稳态控制^[21]。本研究中，大西洋鲑与金鳟的体重相差较大，但其肌肉粗蛋白含量差异却不显著($P>0.05$)。柳阳等^[22]测定 650.0 g 的大西洋鲑肌肉蛋白质含量为 22% 左右，与本研究结果一致；而体重为 1.5 kg 的大西洋鲑^[23]、体重 4.1 kg 的三倍体虹鳟^[4]的肌肉中粗蛋白含量低于本研究中的粗蛋白含量。大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉脂肪含量均比金鳟肌肉高，可能与其体重较大或者饲料成分有关。一定范围内鱼类肌肉的脂肪含量与其肉质的风味呈正相关^[24]，本研究中 3 种鱼脂肪含量不同意味着此 3 种鱼肉可能具有不同的风味。基于本研究中对 3 种鱼肌肉粗蛋白和粗脂肪含量分析结果表明，大西洋鲑和三倍体虹鳟的肌肉品质类似，且均优于金鳟的肌肉品质。

3.2 理化特性

鱼体死亡后，肌肉糖原的新陈代谢变成以无氧呼吸为主的糖酵解过程，而此过程将导致肌肉中乳酸的不断积累和 pH 下降^[25]，pH 是判断鱼肉

表 5 3 种鱼类肌肉质构特性
Tab. 5 Texture characters of flesh of the 3 fish species

n=3; $\bar{x} \pm SD$; %			
质构参数 texture parameter	大西洋鲑 <i>Salmo salar</i>	三倍体虹鳟 triploid <i>On- corhynchus mykiss</i>	金鳟 golden <i>On- corhynchus mykiss</i>
硬度/g hardness	838.89±125.23 ^a	1448.66±102.97 ^b	2034.92±362.06 ^c
弹性/mm springiness	0.54±0.16 ^a	0.51±0.09 ^a	0.41±0.03 ^b
内聚性 cohesiveness	0.22±0.07	0.22±0.07	0.25±0.05
胶黏性/g gumminess	181.92±66.09 ^a	305.42±124.53 ^b	509.38±148.12 ^c
咀嚼性/mJ chewiness	89.38±40.54 ^a	139.94±55.51 ^b	214.31±71.10 ^c
回复性 resilience	0.06±0.01 ^a	0.07±0.02 ^a	0.10±0.02 ^b

注：表格中同行肩标相同字母或者无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)，不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: In the same row, the same small letter superscripts or no letter superscripts mean no significant differences ($P>0.05$), and different small letter superscripts mean significant differences ($P<0.05$).

新鲜度的重要指标之一,其变化会对肉质的坚韧度、系水力、感官品质造成影响^[26]。本研究中,三倍体虹鳟和金鳟的宰后时间接近,而三倍体虹鳟肌肉的 pH 显著高于金鳟,表明三倍体虹鳟的肉质优于金鳟,而大西洋鲑的死亡时间比三倍体虹鳟和金鳟的死亡时间更长,但是 pH 却更高,由此猜测在同样的时间内,大西洋鲑肌肉的新鲜度最好,这对于 3 种鱼肉的保鲜研究具有重要意义。本研究中大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉的 pH 均高于草鱼肌肉的 pH^[27],这表明前两者鱼肉的保鲜能力可能优于后者。

系水力可以体现肌肉组织在物理形态和化学组成发生变化时对其所含水分的束缚能力,系水力越高,肌肉品质越好^[28]。本研究中,大西洋鲑肌肉和三倍体虹鳟肌肉的滴水损失、解冻损失和蒸煮损失均最小,表明大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉的系水力要优于金鳟,这与较低的 pH 会导致较高的滴水损失的结论一致。

肉色是评价肉质最直观的感官特征,其影响因素有饲料组成、pH、温度、脂肪氧化等,可以影响到其经济价值和消费者决策。就鲑鳟鱼类而言,红色值是评价其肌肉品质的重要指标,研究表明在饲料中添加虾青素或者角黄素可以改善肌肉的红色^[29],本研究中,大西洋鲑和三倍体虹鳟肌肉红色值无显著差异,但都高于金鳟,因此大西洋鲑和虹鳟肌肉感官品质相似,要优于金鳟。大西洋鲑和三倍体虹鳟可能更能引起消费者的购买欲望,可以在金鳟的饲料中添加适量的虾青素或者加工来改善其肉色。

3.3 羟脯氨酸含量

羟脯氨酸是组织胶原蛋白特有的主要成分之一,与嫩度呈负相关^[30],其含量可作为组织胶原蛋白含量的参考^[31],通过乘以相应系数可以推算出胶原蛋白含量,一般水产动物多采用 11.1 的换算系数^[32]。胶原蛋白是一种重要的肌肉组织成分,在维持肌肉结构、柔韧性、强度、质地等方面起着重要作用^[33]。本研究中,大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉的胶原蛋白含量相差不大,但 3 种鱼的胶原蛋白含量均较低,低于鲈(*Lateolabrax japonicus*)、鲮(*Liza haematocheila*)、草鱼(*Cten-*

opharyngodon idellus)、鲤(*Cyprinus carpio*)、鳙(*Aristichthys mobilis*)、莫桑比克罗非鱼(*Oreochromis mossambicus*)等鱼类^[34-35],却高于黄河鲤(*Cyrinus carpio*)、兰州鲇(*Silurus lanzhouensis*)和鲇(*Silurus asotus*)^[36]。本研究中大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉胶原蛋白含量较低,但嫩度较高,对口感具有积极影响。

3.4 氨基酸组成

鱼类肌肉氨基酸的组成是评价鱼肉营养价值的重要依据,特别是符合人体需要比例的必需氨基酸吸收最完全,营养价值最好^[37]。鱼肉的鲜美程度取决于肌肉中鲜味氨基酸占氨基酸总量的百分比,所占比例越大,鱼肉的味越鲜美^[38]。本研究中,3 种鱼肉中均检测到 17 种水解氨基酸,必需氨基酸含量占氨基酸总量的比例均在 40%以上,EAA/NEAA 的比例也在 60%以上,根据 FAO/WHO 关于优质蛋白质的评价标准,此 3 种鱼的肌肉蛋白质均属于优质蛋白质,与满庆利等^[3]、朱龙等^[4]、蒋左玉等^[39]结果一致。氨基酸组成上,3 种鱼肌肉中都是谷氨酸含量最高,其次是天冬氨酸、赖氨酸等,这与大多数鱼类的肌肉中氨基酸含量高低排序基本一致,在 3 种鱼肉氨基酸含量中多种氨基酸含量显著差异,可能是遗传因素、年龄、栖息环境、饵料不同及鱼类营养代谢的差异等原因造成的,有待进一步更准确的研究。3 种鱼鲜味氨基酸占氨基酸总量的比例没有显著差异,但均高于常见的草鱼^[28]、石斑鱼^[37]等。

3.5 脂肪酸组成

脂肪酸是机体主要能源之一,食物中不饱和脂肪酸具有很多功能,例如降血脂、降血压、抗肿瘤和免疫调节作用,也可以预防心血管疾病发生^[40],其中 EPA 和 DHA 在大脑发育和增强记忆力等方面作用更为明显^[41],另外,PUFA 还可以增加肌肉的香味并反映出鱼肉多汁性^[42]。本研究中大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟肌肉的脂肪酸种类丰富,其中 PUFA 含量显著差异,三倍体虹鳟含量最高,金鳟次之,大西洋鲑最低。大西洋鲑、三倍体虹鳟肌肉 EPA 和 DHA 的总含量没有显著性差异,均低于金鳟肌肉中的含量。肌肉脂肪酸含量与养殖环境^[43]、饲料脂肪种类与水平^[44]等密切

相关。虽然金鳟肌肉粗脂肪含量显著低于大西洋鲑和三倍体虹鳟,但在脂肪酸组成中金鳟肌肉的C_{20:1}、ARA、DHA等都高于大西洋鲑和三倍体虹鳟。ARA和DHA对于大脑发育有着重要作用,这说明金鳟肌肉在这方面有比大西洋鲑或者三倍体虹鳟更高的价值,有待更深入的研究。

3.6 质构特性

质构是评价食物组织特性的重要指标之一,鱼类肌肉的质构特性与营养成分、肌纤维的直径和密度^[45]、蛋白质结构和功能变化^[46]等密切相关。硬度和弹性是影响鱼肉品质的重要因素^[47],本研究中,大西洋鲑肌肉硬度最小,弹性最大,说明大西洋鲑肌肉抵抗受损保持完整性的能力最强,使得鱼肉在被咀嚼时更加弹牙,口感最佳。在咀嚼性上,大西洋鲑肌肉显著低于三倍体虹鳟和金鳟,这个现象与硬度大小趋势一致,咀嚼性可能和硬度成正相关。另外,大西洋鲑肌肉和三倍体虹鳟肌肉硬度较小可能与它们脂肪含量较高有关,金鳟肌肉的硬度最大,脂肪含量最低,与之前报道的鱼肉硬度与脂肪含量成反比的结论一致^[48],但与水分含量成正比,这与一些之前的研究结论不一致^[47, 49],因此水分对鲑鳟鱼肌肉的质构特性影响有待更多的研究。本研究中三倍体虹鳟肌肉的硬度大于Wang等^[7]研究中的鱼肉硬度,此种差异可能与鱼体重大小有关。大西洋鲑和三倍体虹鳟口感类似,硬度比金鳟差,但是弹性优于金鳟。与常见的4种淡水鱼比较,大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟的肌肉硬度均低于武昌鱼(*Megalobrama amblycephala*)、鲫(*Carassius auratus cuvieri*)、草鱼、鲤^[47]等,而弹性全部大于上述几种鱼,说明鲑鳟鱼类的肌肉弹性可能比常见的淡水鱼类的肌肉要好。

4 结论

综上所述,本研究中大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟3种鱼的肌肉富含蛋白质(>20%)且氨基酸种类丰富,比例均衡,同时富含大量的不饱和脂肪酸(>80%),包括EPA、DHA、ARA等,均是优质的冷水性鱼类。口感方面大西洋鲑肌肉的硬度低于三倍体虹鳟肌肉,但是两者肌肉的弹性类似且

均优于金鳟。本研究对大西洋鲑、三倍体虹鳟、金鳟三者的肌肉品质进行比较评价,为它们肌肉品质研究、人工配合饲料研发提供了科学资料,并为它们的推广养殖提供了基础依据。

参考文献

- [1] Videler J J. An opinion paper: Emphasis on white muscle development and growth to improve farmed fish flesh quality[J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2011, 37(2): 337-343.
- [2] Wang B Q, Jia Z H, Xu L W, et al. A comparison study on performance among albino rainbow trout and Donaldson rainbow trout and their filial generation[J]. *Chinese Journal of Fisheries*, 2005, 18(1): 38-42. [王丙乾, 贾钟贺, 徐连伟, 等. 日本金鳟(*Oncorhynchus mykiss*)和道氏虹鳟及其杂交后代生产性能的比较研究[J]. *水产学杂志*, 2005, 18(1): 38-42.]
- [3] Man Q L, Cao Y F, Yang Z N, et al. Analysis on nutritional composition of muscle of *Salmo Salar*[J]. *Hebei Fisheries*, 2014(1): 12-14, 47. [满庆利, 曹永芬, 杨质楠, 等. 大西洋鲑肌肉营养成分分析[J]. *河北渔业*, 2014(1): 12-14, 47.]
- [4] Zhu L, Yuan C, Zhu C K, et al. Comparison of nutritional compositions in muscles of diploid and triploid rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*)[J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2018, 40(2): 206-208. [朱龙, 袁聪, 朱成科, 等. 二倍体和三倍体虹鳟肌肉营养成分比较及分析[J]. *营养学报*, 2018, 40(2): 206-208.]
- [5] Johnston I A, Li X J, Vieira V L A, et al. Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon[J]. *Aquaculture*, 2006, 256(1-4): 323-336.
- [6] Rasmussen R S. Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics[J]. *Aquaculture Research*, 2001, 32(10): 767-786.
- [7] Wang L, Wu L, Liu Q, et al. Improvement of flesh quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed supranutritional dietary selenium yeast is associated with the inhibited muscle protein degradation[J]. *Aquaculture Nutrition*, 2018, 24(4): 1351-1360.
- [8] Ageeva T N, Olsen R L, Joensen S, et al. Quality aspects of fillet, loin and tail products made from live-stored feed-deprived Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) at different times *post mortem*[J]. *LWT*, 2018, 97: 656-661.
- [9] Murray D S, Kainz M J, Hebberecht L, et al. Comparisons of reproductive function and fatty acid fillet quality between triploid and diploid farm Atlantic salmon (*Salmo salar*)[J]. *Royal Society Open Science*, 2018, 5(8): 180493.
- [10] National Health and Family Planning Commission of the

- People's Republic of China. National food safety standard determination of moisture in foods: GB 5009.3-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. [中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.]
- [11] National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of protein in foods: GB 5009.5-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. [中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB5009.5-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.]
- [12] National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of fat in foods: GB 5009.6-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. [中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.]
- [13] National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of ash in foods: GB 5009.4-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. [中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB 5009.4-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.]
- [14] National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of amino acids in foods: GB 5009.124-2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. [中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.]
- [15] National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard, determination of fatty acids in foods: GB 5009.168-2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. [中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定: GB 5009.168-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.]
- [16] Honikel K O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat[J]. Meat Science, 1998, 49(4): 447-457.
- [17] Mortensen M, Andersen H J, Engelsen S B, et al. Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities[J]. Meat Science, 2006, 72(1): 34-42.
- [18] Erdogdu S B, Erdogdu F, Ekiz H I. Influence of sodium tripolyphosphate (STP) treatment and cooking time on cook losses and textural properties of red meats[J]. Journal of Food Process Engineering, 2007, 30(6): 685-700.
- [19] Ma L Q, Qi C L, Cao J J, et al. Comparative study on muscle texture profile and nutritional value of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) reared in ponds and reservoir cages[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(4): 531-536. [马玲巧, 亓成龙, 曹静静, 等. 水库网箱和池塘养殖斑点叉尾(鲶)肌肉营养成分和品质的比较分析[J]. 水产学报, 2014, 38(4): 531-536.]
- [20] Deng S Q, Duan Q Y, Shentu J K. Effect of dietary lipids on flesh quality in farmed fish[J]. Fisheries Science, 2011, 30(5): 301-306. [邓士秋, 段青源, 申屠基康. 饲料脂质对养殖鱼类品质的影响[J]. 水产科学, 2011, 30(5): 301-306.]
- [21] Shearer K D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids[J]. Aquaculture, 1994, 119(1): 63-88.
- [22] Liu Y, Li Y, Gao T T, et al. The effects of dietary protein and fat on growth and flesh quality of Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) in the recirculating aquaculture system[J]. Marine Sciences, 2013, 37(6): 47-59. [柳阳, 李勇, 高婷婷, 等. 脂肪和蛋白质营养对封闭循环水养殖大西洋鲑生长和肌肉品质的效应[J]. 海洋科学, 2013, 37(6): 47-59.]
- [23] Berge G M, Baeverfjord G, Skrede A, et al. Bacterial protein grown on natural gas as protein source in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*, in saltwater[J]. Aquaculture, 2005, 244(1-4): 233-240.
- [24] Yin H B, Sun Z W, Shen X S, et al. Analysis of muscle nutritious composition for *Oncorhynchus masou*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2004, 28(5): 577-580. [尹洪滨, 孙中武, 沈希顺, 等. 山女鳟肌肉营养组成分析[J]. 水生生物学报, 2004, 28(5): 577-580.]
- [25] Love R M, Robertson I, Smith G L, et al. The texture of cod muscle[J]. Journal of Texture Studies, 1974, 5(2): 201-212.
- [26] Xiong M, Wu Z L, Lin X D. Meat quality characteristics of spotted knifejaw (*Oplegnathus punctatus*) cultured under different aquaculture modes[J]. Food Science, 2016, 37(3): 17-21. [熊铭, 吴祖亮, 林向东. 不同养殖模式斑石鲷鱼肉品质特性分析[J]. 食品科学, 2016, 37(3): 17-21.]
- [27] Cheng H H, Xie C X, Li D P, et al. The study of muscular nutritional components and fish quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in ecological model of cultivating grass carp with grass[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(7): 1050-1059. [程辉辉, 谢从新, 李大鹏, 等. 种青养鱼模式下的草鱼肌肉营养成分和品质特性[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1050-1059.]
- [28] Mao D D, Zhang K, Ou H X, et al. Comparative analysis on flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fed with two kinds of feeds[J]. Chinese Journal of Animal Nutri-

- tion, 2018, 30(6): 2226-2234. [毛东东, 张凯, 欧红霞, 等. 2种饲料投喂下草鱼肌肉品质的比较分析[J]. 动物营养学报, 2018, 30(6): 2226-2234.]
- [29] Schubring R. Thermal stability, texture, liquid holding capacity and colour of smoked salmon on retail level[J]. *Thermochimica Acta*, 2006, 445(2): 168-178.
- [30] Cross H R, Carpenter Z L, Smith G C. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness[J]. *Journal of Food Science*, 1973, 38: 998-1003.
- [31] Yang X Y, Du G H. Micro volume assay method of hydroxyproline in animal tissues and application[J]. *Chinese Pharmacological Bulletin*, 2004, 20(7): 836-837. [杨秀颖, 杜冠华. 组织羟脯氨酸含量微量测定方法及应用[J]. 中国药理学通报, 2004, 20(7): 836-837.]
- [32] Etherington D J, Sims T J. Detection and estimation of collagen[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1981, 32(6): 539-546.
- [33] Sato K, Yoshinaka R, Sato M, et al. Collagen content in the muscle of fishes in association with their swimming movement and meat texture[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1986, 52(9): 1595-1600.
- [34] Zhang Y H, Ma G H, Wang A Y, et al. Determination of hydroxyproline in muscle of 4 kinds of fish[J]. *Journal of Yangtze University (Natural Science Edition)*, 2013, 10(29): 33-35, 7. [张延华, 马国红, 王爱英, 等. 4种鱼肉羟脯氨酸含量的测定[J]. 长江大学学报(自科版), 2013, 10(29): 33-35, 7.]
- [35] Zhang Y H, Ma G H, Song L P, et al. Analysis of proximate composition and collagen content of fish muscles[J]. *Journal of Agriculture*, 2014, 4(9): 79-81, 107. [张延华, 马国红, 宋理平, 等. 4种鱼肉的基本成分及胶原蛋白含量分析[J]. 农学学报, 2014, 4(9): 79-81, 107.]
- [36] Yang Y H, He Y L, Zhou J S, et al. Quality evaluation of the meat of *Silurus lanzhouensis*, *Silurus asotus* and *Cyrinus carpio*[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, 37(1): 54-61. [杨元昊, 贺玉良, 周继术, 等. 兰州鲇与鲇、黄河鲤肌肉品质比较研究[J]. 水生生物学报, 2013, 37(1): 54-61.]
- [37] Zhao T T, Zhang Y, Chen C, et al. Analysis of nutrient components and evaluation of nutritive quality in flesh of three species of cultured groupers[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(6): 89-96. [赵亭亭, 张岩, 陈超, 等. 3种养殖石斑鱼的肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 89-96.]
- [38] Cheng B, Chen C, Wang Y G, et al. Nutritional components analysis and nutritive value evaluation in *Epinephelus septemfasciatus* muscles[J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(5): 51-57. [程波, 陈超, 王印庚, 等. 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.]
- [39] Jiang Z Y, Xiong W, Yao J J, et al. Analysis on the nutritional components in the muscle of *Oncorhynchus mykiss* Walbaum cultured in spring water[J]. *Freshwater Fisheries*, 2015, 45(1): 103-108. [蒋左玉, 熊伟, 姚俊杰, 等. 山泉水人工养殖金鳟肌肉营养成分分析[J]. 淡水渔业, 2015, 45(1): 103-108.]
- [40] Ruxton C, Reed S, Simpson M, et al. The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: A review of the evidence[J]. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 2007, 20(3): 275-285.
- [41] Bing X W, Cai B Y, Wang L P. Evaluation of nutritive quality and nutritional components in *Spinibarbus sinensis* muscle[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(2): 211-215. [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.]
- [42] Xiao M, Ou Z Q. Research progress of the physiological function and mechanism of two kinds of fatty acid (EPA and DHA) in the fish oil of deep sea[J]. *Food Science*, 2005, 26(8): 522-526. [肖玫, 欧志强. 深海鱼油中两种脂肪酸(EPA和DHA)的生理功效及机理的研究进展[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 522-526.]
- [43] Arts M T, Browman H I, Jokinen I E, et al. Effects of UV radiation and diet on polyunsaturated fatty acids in the skin, ocular tissue and dorsal muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar*) held in outdoor rearing tanks[J]. *Photochemistry and Photobiology*, 2010, 86(4): 909-919.
- [44] Simoes T, Fonseca S B, Augusto A, et al. Changes in fatty acid profile and chemical composition of meagre (*Argyrosomus regius*) fed with different lipid and selenium levels[J]. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2017, 119(6): 1600016.
- [45] Lin W L, Guan R, Zeng Q X, et al. Factors affecting textural characteristics of dorsal muscle of crisp grasscarp[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2009, 37(4): 134-137. [林婉玲, 关熔, 曾庆孝, 等. 影响脆肉鲩鱼背肌质构特性的因素[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2009, 37(4): 134-137.]
- [46] Angsupanich K, Ledward D A. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle[J]. *Food Chemistry*, 1998, 63(1): 39-50.
- [47] Hu F, Li X D, Xiong S B, et al. Texture properties of freshwater fish and their correlation with nutritional components[J]. *Food Science*, 2011, 32(11): 69-73. [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.]
- [48] Nielsen D, Hyldig G, Nielsen J, et al. Liquid holding capacity and instrumental and sensory texture properties of herring (*Clupea harengus* L.) related to biological and chemical pa-

rameters[J]. Journal of Texture Studies, 2010, 36(2): 119-138.
[49] Hatae K, Yoshimatsu F, Matsumoto J J. Role of muscle fi-

bers in contributing firmness of cooked fish[J]. Journal of Food Science, 1990, 55(3): 693-696.

Nutrient components and texture profiles in the flesh of Atlantic salmon, triploid rainbow trout, and golden trout

ZHANG Dianfu¹, WU Lei^{1,3}, ZHANG Xuezhen¹, WANG Li¹, CHEN Feifei¹, ZHANG Feng¹, TENG Zhenlei¹, WANG Long¹, HUANG Taotao¹, TIAN Dacai²

1. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University; Engineering Laboratory for Pond Aquaculture of Hubei Province; Engineering Research Center of Green Development for Conventional Aquatic Biological Industry in the Yangtze River Economic Belt, Ministry of Education, Wuhan 430070, China;
2. Enshi Guoxi Cold Water Fishery Development Co., Ltd, Enshi 445300, China;
3. Wuhan Zhongke Ruihua Ecological Technology Co., Ltd, Wuhan 430000, China

Abstract: With the improvement of people's living standards, fish has become more popular as a high-protein, low-fat food. As cold-water fish, salmon and trout have gradually attracted people's attention owing to their taste and nutritive value. Atlantic salmon (*Salmo salar*), triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and golden trout (*Oncorhynchus mykiss*) are three common species of culture, but the differences concerning the flesh quality need further study. To evaluate the flesh quality of the three species, the texture characteristics and pH value of the flesh were analyzed. The crude protein, crude fat, ash, and moisture of the flesh were assayed using biochemical analysis methods. The muscular texture profile parameters were analyzed using a texture analyzer. The results showed that the moisture content in the flesh of the Atlantic salmon, triploid rainbow trout, and golden trout was 62.91%, 67.15%, and 73.02%, respectively. The crude protein content was 22.39%, 21.03%, and 22.11%, respectively. The crude fat content was 14.64%, 17.16%, and 5.11%, respectively. Finally, the collagen content was 0.4986%, 0.4583%, and 0.5626%, respectively. The results showed that the flesh of Atlantic salmon, triploid rainbow trout, and golden trout has high protein, low fat, and low collagen. There were no significant differences in terms of the drip loss, b^* value and cohesiveness among the three species ($P>0.05$). The hardness and chewiness of the three species were in the order of: Atlantic salmon < triploid rainbow trout < golden trout. Whilst the pH value showed the opposite results ($P<0.05$). There were no significant differences in terms of the ash, thaw loss, cooking loss, resilience, springiness, and a^* value between the Atlantic salmon and triploid rainbow trout ($P>0.05$). However, the ash, cooking loss, and resilience of the Atlantic salmon and triploid rainbow trout were less than those of the golden trout ($P<0.05$), while the springiness and a^* value were higher than those of the golden trout ($P<0.05$). The essential amino acids/total amino acids (EAA/TAA) value in the flesh of the Atlantic salmon, triploid rainbow trout, and golden trout was 42.28%, 41.84%, and 41.63%, respectively. The essential amino acids/non-essential amino acids (EAA/NEAA) value was 73.25%, 71.94%, and 71.32%, respectively. Additionally, both of these were in accordance with the FAO/WHO evaluation standards. Moreover, 22 fatty acids were detected, of which most were unsaturated. The total DHA and EPA content was 6.70%, 6.91%, and 8.95%, respectively, showing that triploid rainbow trout and golden trout are superior to Atlantic salmon in terms of the fatty acid composition. In general, these results showed that Atlantic salmon and triploid rainbow trout have a similar flesh quality and are superior to golden trout. In addition, this study provides basic scientific data for the flesh quality of these fish.

Key words: *Salmo salar*; triploid *Oncorhynchus mykiss*; golden trout; flesh quality; nutrient components; texture characteristics

Corresponding author: ZHANG Xuezhen. E-mail: xuezhen@mail.hzau.edu.cn