



# 不同来源鲑科鱼肌肉营养组成比较

岑剑伟, 郝淑贤\*, 魏涯, 李来好, 杨贤庆, 赵永强, 黄卉, 邓建朝

(中国水产科学研究院南海水产研究所/农业农村部水产品加工重点实验室/国家水产品加工技术研发中心, 广州 510300)

**摘要:**【目的】分析不同来源鲑科鱼肌肉营养组成差异,为我国虹鳟鱼养殖提供参考依据。【方法】依据国家相关标准对挪威大西洋鲑、丹麦银鲑和国产虹鳟肌肉的营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成和矿物元素含量进行测定分析,并评价其营养价值。【结果】挪威大西洋鲑和丹麦银鲑肌肉的粗蛋白含量分别为24.25%和25.31%,显著高于国产虹鳟(22.38%)( $P < 0.05$ ,下同),二者的氨基酸总量、必需氨基酸含量和鲜味氨基酸含量均高于国产虹鳟,国产虹鳟蛋白营养价值与进口鲑科鱼类存在一定差距。挪威大西洋鲑和丹麦银鲑肌肉的粗脂肪含量分别为7.41%和7.19%,约为国产虹鳟(14.48%)的一半;脂肪酸种类相似,3种鲑科鱼肌肉的不饱和脂肪酸含量为79.70%~84.25%,饱和脂肪酸含量最少的是挪威大西洋鲑(15.54%),但其不饱和脂肪酸及(84.25%) $\omega$ -3型多不饱和脂肪酸(12.92%)的含量最高,国产虹鳟肌肉中必需脂肪酸含量所占比例高于挪威大西洋鲑和丹麦银鲑,尤其是亚油酸占比高达21.25%。国产虹鳟的钙、锌、铁和硒含量显著高于挪威大西洋鲑和丹麦银鲑。【结论】3种鲑科鱼的氨基酸和脂肪酸含量丰富,具有高蛋白、高脂肪特征,但挪威大西洋鲑和丹麦银鲑在风味上更优,国产虹鳟则在亚油酸及钙、锌含量方面具有优势。

**关键词:** 鲑科鱼; 营养成分; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: S965.232; TS254.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2020)01-0176-07

## Comparison of nutrition components difference of Salmonidae from different countries

CEN Jian-wei, HAO Shu-xian\*, WEI Ya, LI Lai-hao, YANG Xian-qing, ZHAO Yong-qiang, HUANG Hui, DENG Jian-chao

(South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences/Key Laboratory of Aquatic Product Processing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/National R & D Center for Aquatic Product Processing, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:**【Objective】The nutritional components difference of Salmonidae from different countries were investigated to provide inference for China rainbow trout aquaculture. 【Method】Norway Atlantic salmon, Denmark silver salmon and China rainbow trout were adopted to analyze the nutrient compositions of muscles, amino acid, fatty acid, trace elements according to the national standards and evaluate their nutritional value. 【Result】The protein content of Norway Atlantic salmon (24.25%) and Denmark silver salmon (25.31%) was significantly higher than China rainbow trout (22.38%) ( $P < 0.05$ , the same below), their total amino acid content, essential amino acid content and delicious amino acid content were higher than China rainbow trout. There was gap of nutritional value between China rainbow trout and imported salmons. The crude fat of Norway Atlantic salmon and Denmark silver salmon were 7.41% and 7.19% respectively, which were about half of that of China rainbow trout (14.48%), even though they had similar type of fatty acids. Unsaturated fatty acids (UFA) of the three fishes were up to 79.70%-84.25%. Norway Atlantic salmon had the least saturated fatty acids (SFA) (15.54%) and highest UFA (84.25%) and  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) (12.92%). China rainbow trout had higher ratio in essential fatty acids than import salmons, such as linoleic acid was high up to 21.25%. The contents of mineral elements (calcium, zinc, iron and selenium) in China rainbow trout were significantly higher than Norway Atlantic salmon and Denmark silver salmon. 【Conclusion】The three salmons are rich in amino acids and fatty acids, and they also contain high level of protein and fat. Norway Atlantic salmon and Denmark silver salmon have better flavors, and China rainbow trout has advantages in linoleic acid, calcium and zinc contents.

**Key words:** Salmonidae; nutrient component; amino acid; fatty acid

**Foundation item:** Jilin Science and Technology Development Project (20170204042NY); Modern Agricultural Industry Technology System Special Project (CARS-46)

收稿日期: 2019-03-28

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20170204042NY); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-46)

作者简介: \*为通讯作者, 郝淑贤(1972-), 博士, 研究员, 主要从事水产品加工与质量安全研究工作, E-mail: susanhao2001@163.com.

岑剑伟(1976-), 博士, 副研究员, 主要从事水产品加工与质量安全研究工作, E-mail: genvex@163.com

## 0 引言

【研究意义】鲑科(Salmonidae)鱼类包括大西洋鲑、虹鳟、银鲑、红鲑、秋鲑、粉鲑等,为冷水性洄游鱼类,隶属于硬骨鱼纲鲑形目,主要出产于北半球高纬度地区(王倩等,2016)。其肉质鲜美,口感好,富含 $\omega$ -3脂肪酸和8种人体必需氨基酸,具有极高的营养价值,通常作为刺身原料(Fernández et al., 2009)。随着人们生活水平的提高,国内对生食鲑科鱼类的消费需求越来越高,目前我国生食鲑科鱼类主要依靠进口。北欧是我国早期的生食鲑科鱼类进口地,其中挪威作为大西洋鲑鱼养殖的创始国及产量最大国(Misund, 2018),曾是我国主要鲑科鱼类的进口国(刘延岭和邓林, 2011)。但自2012年开始,挪威冰鲜大西洋鲑鱼进口地位逐渐被法罗群岛代替,其次是智利、苏格兰、澳大利亚和加拿大,挪威仅位列第六,而我国冷冻鲑科鱼最大的进口国是智利,其次为苏格兰和法罗群岛。由于法罗群岛自1948年以来一直属于丹麦的专属自治区,故丹麦鲑鱼即法罗群岛养殖的大西洋鲑鱼(Eliassen et al., 2018)。近年来,随着鲑科鱼养殖技术研究的不断深入,我国鲑科鱼养殖也陆续进入规模化,其中以虹鳟为主,因国产虹鳟具有明显的价格优势,有望成为我国大陆鲑科鱼主要供应来源之一。由于国产鲑科鱼与进口鲑科鱼品质存在差异,分析不同来源鲑科鱼营养组成差异,对引导国产虹鳟养殖企业生产更优质的产品具有重要意义。【前人研究进展】目前,针对不同来源鲑科鱼一般营养成分、氨基酸、脂肪酸、矿物质组成等进行全面分析的研究较少(刘延岭和邓林, 2011),但不同来源水产品可食部分营养组成的分析已有大量研究报道。Ikonomou等(2007)、Friesen等(2008)认为养殖三文鱼与野生三文鱼的肌肉脂肪酸组成差异明显;于久翔等(2016)对比养殖和野生红鳍东方鲀的营养组成,结果表明养殖红鳍东方鲀的营养品质优于野生红鳍东方鲀;赵恒亮等(2016)对比长江、黄河和辽河种群中华绒螯蟹的可食组织营养组成,结果发现3个种群肌肉中的脂肪和灰分含量存在显著差异;林建斌等(2017)比较分析野生与养殖半刺厚唇鱼肌肉的营养成分,结果表明,野生半刺厚唇鱼肌肉中的粗脂肪含量显著低于养殖半刺厚唇鱼,但二者的水分、粗蛋白和粗灰分含量差异不显著,养殖半刺厚唇鱼的营养价值有提升空间;陈胜军等(2019)研究表明不同产地鲍鱼的矿物元素差异明显;薛山等(2019)研究发现三文鱼鱼骨油富含不饱和脂肪酸,相对含量高达70.77%。【本研究切入点】至今,针对国产与进

口鲑科鱼营养差异的对比研究较少,且不够全面。【拟解决的关键问题】对比分析进口鲑科鱼与国产鲑科鱼的常规营养成分含量和氨基酸、脂肪酸及矿物质组成,全面了解不同来源鲑科鱼的营养差异特点,旨在为我国鲑科鱼养殖产业开展饲料研制,开发高品质鲑科鱼产品提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

挪威大西洋鲑和丹麦银鲑购自深圳四季食材国际贸易公司,国产虹鳟由吉林省长白山抚松县松山水库养殖场提供。浓硫酸、硫酸铜、硫酸钾、氯化钠、氢氧化钠、盐酸、硼酸、石油醚、氯仿、甲醇和正己烷(分析纯)购自广州化学试剂厂和天津市富宇精细化工有限公司,硝酸(68%)和三氯化硼—甲醇溶液(优级纯)购自苏州晶瑞化学股份有限公司,混合氨基酸标准品和十一烷酸标准品(分析纯)购自美国Sigma-Aldrich公司。

主要仪器设备:全自动鼓风干燥箱ZRD-A780(上海智诚分析仪器制造有限公司);马弗炉B180(德国纳博热公司);高通量微波消解仪CEM MARS 5(美国CEM公司);脂肪自动分析仪Soxtec2050、蛋白自动分析仪Kjeltec2300(丹麦FOSS公司);气相色谱质谱联用仪QP-2010 Plus(日本岛津公司);全自动氨基酸分析仪L-8900(日本HITACHI公司);电感耦合等离子体质谱联用仪Agilent 7900(美国Agilent公司)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 样品处理 将不同来源的鲑科鱼分割、去皮,取背部鱼肉部分,用绞肉机打成匀浆,于-20℃冻藏备用。

1.2.2 基本营养成分测定 采用快速水分测定仪测定水分(赵志霞等, 2017);参照GB 5009.4—2016,采用高温灰化法测定粗灰分;参照GB 5009.5—2016,采用微量凯氏定氮法测定粗蛋白;参照GB 5009.6—2016,采用索氏抽提法测定粗脂肪。

1.2.3 氨基酸测定 参照GB 5009.124—2016,采用氨基酸自动分析仪测定氨基酸。

1.2.4 脂肪酸测定 参照GB 5009.168—2016,采用气相色谱分析法测定脂肪酸。

1.2.5 矿物元素测定 采用高压微波消解-ICP-MS法进行矿物元素测定。准确称取0.5 g肌肉样品置于聚四氟乙烯管中,加入浓硝酸(68%)10 mL,密封后用微波消解仪进行消解。消解参数参考曾海英等(2015):最大功率800 W(100%),坡道20 min,温度180℃,消解30 min。消解过程结束后,取出样品

于通风橱中冷却、放气,用超纯水定容至50 mL。

1.2.6 氨基酸营养评价 依据标准氨基酸评分模式分别计算氨基酸评分(AAS)和化学评分(CS),计算公式参照徐钢春等(2009)、童铃等(2014)的方法。

### 1.3 统计分析

采用Excel 2010和SPSS 20对试验数据进行处理和显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养成分分析

由表1可知,不同来源鲑科鱼肌肉的粗蛋白含量差异显著( $P<0.05$ ,下同),其中丹麦银鲑的粗蛋白含量最高,为25.31%,国产虹鳟的粗蛋白含量最低,为22.38%;不同来源鲑科鱼肌肉的粗脂肪含量为7.19%~14.48%,挪威大西洋鲑与丹麦银鲑的粗脂肪

含量间差异不显著( $P>0.05$ ,下同),但均显著低于国产虹鳟;挪威大西洋鲑与丹麦银鲑的粗灰分含量间差异也不显著,但二者显著高于国产虹鳟;3种鲑科鱼肌肉的水分含量差异不显著。可见,国产虹鳟在基本营养成分组成方面与进口鲑科鱼差异明显,其中进口鲑科鱼的粗蛋白含量较高,但粗脂肪含量较低。

### 2.2 氨基酸组成与营养评价

由表2可知,不同来源鲑科鱼的肌肉中均检测出18种氨基酸,包括8种必需氨基酸和10种非必需氨基酸。氨基酸总量为14.37~19.89 g/100 g,其中两种进口鲑科鱼的氨基酸总量(挪威大西洋鲑19.56 g/100 g,丹麦银鲑19.89 g/100 g)基本相当,均显著高于国产虹鳟(14.37 g/100 g)。鲑科鱼肌肉中的谷氨酸含量最高,就单种氨基酸含量而言,进口鲑科鱼均表现出明显的优势。但3种鲑科鱼的必需氨基酸与氨基酸

表 1 不同来源鲑科鱼肌肉基本营养成分的比较(%)

Table 1 Comparison of nutritive components of Salmonidae from different countries(%)

鲑科鱼 Salmonidae	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Crude ash	水分 Moisture
挪威大西洋鲑 Norway Atlantic salmon	24.25±0.27b	7.41±0.87b	1.39±0.03a	66.67±1.23
丹麦银鲑 Denmark silver salmon	25.31±0.12a	7.19±0.47b	1.45±0.11a	67.69±0.11
国产虹鳟 China rainbow trout	22.38±0.14c	14.48±1.27a	1.10±0.01b	66.80±0.50

成分含量以湿重计。同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

The content was calculated by wet weight. Different lowercase letters in the same column represented significant difference( $P<0.05$ )

表 2 不同来源鲑科鱼肌肉的氨基酸含量比较(g/100 g)

Table 2 Comparison of amino acid content of Salmonidae from different countries(g/100 g)

氨基酸 Amino acid	挪威大西洋鲑 Norway Atlantic salmon	丹麦银鲑 Denmark silver salmon	国产虹鳟 China rainbow trout
缬氨酸** Val	0.98±0.18	0.98±0.16	0.70±0.14
异亮氨酸** Ile	0.88±0.11	0.87±0.08	0.78±0.17
苏氨酸** Thr	1.03±0.08a	1.04±0.12a	0.71±0.11b
赖氨酸** Lys	1.93±0.10a	1.95±0.08a	1.44±0.13b
蛋氨酸** Met	0.37±0.06	0.44±0.18	0.25±0.12
苯丙氨酸** Phe	1.02±0.21	1.06±0.14	0.78±0.18
色氨酸** Trp	0.17±0.01	0.16±0.01	0.17±0.01
亮氨酸** Leu	1.65±0.13a	1.68±0.16a	1.17±0.07b
组氨酸 His	0.60±0.09	0.61±0.11	0.54±0.19
谷氨酸* Glu	2.92±0.21a	2.93±0.16a	2.01±0.14b
天冬氨酸* Asp	2.08±0.11a	2.12±0.11a	1.46±0.07b
甘氨酸* Gly	0.97±0.20	0.97±0.13	0.77±0.17
丙氨酸* Ala	1.29±0.05a	1.33±0.18a	0.93±0.11b
脯氨酸 Pro	0.62±0.08	0.61±0.05	0.46±0.13
丝氨酸 Ser	0.88±0.10	0.91±0.16	0.64±0.18
胱氨酸 Cys	0.13±0.00	0.14±0.01	0.13±0.02
酪氨酸 Tyr	0.78±0.10a	0.80±0.10a	0.56±0.09b
精氨酸 Arg	1.26±0.06a	1.29±0.10a	0.87±0.12b
氨基酸总量 Σ AA	19.56±0.42a	19.89±0.58a	14.37±0.41b
必需氨基酸 Σ EAA	8.03±0.36a	8.18±0.33a	6.00±0.28b
非必需氨基酸 Σ NEAA	11.53±0.54a	11.71±0.66a	8.37±0.62b
鲜味氨基酸 Σ DAA	7.26±0.44a	7.35±0.57a	5.17±0.49b
必需氨基酸/氨基酸总量(%) EAA/AA	41.05	41.13	41.75
非必需氨基酸/氨基酸总量(%) NEAA/AA	58.94	58.87	58.24
鲜味氨基酸/氨基酸总量(%) DAA/AA	37.12	36.95	35.98

\*表示鲜味氨基酸,\*\*表示必需氨基酸。同行数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。表4和表5同

\* represented delicious amino acid,\*\* represented essential amino acid. Different lowercase letters in the same row represented significant difference ( $P<0.05$ ). The same was applied in Table 4 and Table 5

总量比例差别不明显,挪威大西洋鲑、丹麦银鲑和国产虹鳟分别为41.05%、41.13%和41.75%。

鲜味氨基酸的组成及含量决定肌肉的鲜美程度,3种鲑科鱼肌肉中的鲜味氨基酸含量为5.71~7.35 g/100 g,以谷氨酸和天冬氨酸含量偏高,是鲑科鱼味道鲜美独特的主要原因。挪威大西洋鲑、丹麦银鲑和国产虹鳟的鲜味氨基酸含量依次为7.26、7.35和5.17 g/100 g,其鲜味氨基酸占各自氨基酸总量的比例分别为37.12%、36.95%和35.98%。

必需氨基酸含量是评价肌肉营养价值的关键因子,以联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白氨基酸模

式为标准,计算不同来源鲑科鱼的AAS和CS。AAS和CS评分结果(表3)显示,3种鲑科鱼评分最高的必需氨基酸均为赖氨酸,第一限制氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸,第二限制氨基酸为色氨酸,其中挪威大西洋鲑的缬氨酸、异亮氨酸、色氨酸和蛋氨酸+胱氨酸的AAS评分均低于1.00,国产虹鳟仅有赖氨酸和苯丙氨酸+酪氨酸的AAS评分高于1.00,AAS和CS两种评分结果较一致,说明国产虹鳟的蛋白营养价值与进口鲑科鱼类存在明显差异。

### 2.3 脂肪酸组成

由表4可知,在2种进口鲑科鱼样品中共检测出20种脂肪酸,其中饱和脂肪酸7种,单不饱和脂肪酸6

表3 不同来源鲑科鱼肌肉的必需氨基酸营养评价

Table 3 Evaluation of essential amino acid nutrition of Salmonidae muscle from different origins

鲑科鱼 Salmonidae	项目 Item	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	异亮氨酸 Ile	赖氨酸 Lys	亮氨酸 Leu	色氨酸 Trp	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	蛋氨酸+胱氨酸 Met+Cys
挪威大西洋鲑 Norway Atlantic salmon	AAS	1.12	0.86	0.96	1.54	1.02	0.77	1.29	0.62
	CS	0.96	0.65	0.72	1.19	0.84	0.44	0.87	0.35
丹麦银鲑 Denmark silver salmon	AAS	1.13	0.86	0.95	1.56	1.04	0.73	1.33	0.72
	CS	0.97	0.65	0.71	1.20	0.85	0.43	0.89	0.41
国产虹鳟 China rainbow trout	AAS	0.88	0.70	0.78	1.31	0.82	0.88	1.09	0.53
	CS	0.75	0.53	0.59	1.01	0.68	0.50	0.73	0.30
FAO/WHO		250	310	250	340	440	60	380	220
鸡蛋蛋白 Egg protein		292	411	331	441	534	106	565	386

表4 不同来源鲑科鱼肌肉的脂肪酸组成分析(%)

Table 4 Analysis of fatty acid composition of Salmonidae from different countries(%)

脂肪酸 Fatty acid	挪威大西洋鲑 Norway Atlantic salmon	丹麦银鲑 Denmark silver salmon	国产虹鳟 China rainbow trout
饱和脂肪酸 SFA	15.54±1.21	18.86±2.10	19.85±3.12
月桂酸 C12:0	-	-	0.03±0.01
肉豆蔻酸 C14:0	2.09±0.12a	1.82±0.21ab	1.62±0.22b
十五碳酸 C15:0	0.11±0.08	0.20±0.06	0.18±0.10
棕榈酸 C16:0	9.89±0.41c	12.40±0.37b	13.11±0.28a
十七碳酸 C17:0	0.17±0.09	0.26±0.10	0.19±0.06
硬脂酸 C18:0	2.76±0.23b	3.75±0.40a	4.06±0.33a
花生酸 C20:0	0.38±0.09	0.27±0.06	0.29±0.07
二十二碳酸 C22:0	-	-	0.20±0.10
二十四碳酸 C24:0	0.14±0.07	0.16±0.07	0.17±0.05
单不饱和脂肪酸 MUFA	53.89±2.21a	51.83±1.51a	46.80±2.24b
十四碳一烯酸 C14:1	-	0.06±0.03	-
棕榈烯酸 C16:1	2.31±0.51b	3.74±0.39a	3.63±0.44a
油酸 C18:1	46.02±0.93a	45.85±0.68a	40.07±0.77b
二十碳一烯酸 C20:1	4.46±0.42a	1.95±0.28c	2.50±0.33b
二十二碳一烯酸 C22:1	0.54±0.04a	-	0.33±0.08b
二十四碳一烯酸 C24:1	0.56±0.11a	0.23±0.10b	0.27±0.12b
多不饱和脂肪酸 PUFA	30.36±4.11	28.78±3.40	32.90±5.14
亚油酸 (C18:2)ω-6	15.19±0.51b	15.25±0.32b	21.25±0.27a
亚麻酸 (C18:3)ω-3	5.73±0.14a	4.83±0.27b	3.87±0.41c
十八碳三烯酸 C18:3	0.13±0.04b	0.38±0.01a	0.37±0.06a
二十碳二烯酸 C20:2	1.27±0.21a	0.77±0.11b	1.21±0.13a
二十碳三烯酸 C20:3	0.85±0.10	0.79±0.10	0.86±0.09
二十碳五烯酸 (EPA)(C20:5)ω-3	2.61±0.19a	2.47±0.22a	1.03±0.26b
二十二碳二烯酸 C22:2	-	-	0.10±0.05
二十二碳六烯酸 (DHA)(C22:6)ω-3	4.58±0.29	4.28±0.19	4.21±0.23

-表示未检出。表5同

- represented undetected. The same was applied in Table 5

种,多不饱和脂肪酸7种。国产虹鳟的脂肪酸种类比进口鲑科鱼多,共检出22种,其中饱和脂肪酸9种,单不饱和脂肪酸5种,多不饱和脂肪酸8种。

挪威大西洋鲑、丹麦银鲑和国产虹鳟的肌肉饱和脂肪酸含量分别为15.54%、18.86%和19.85%,均以硬脂酸和棕榈酸为主,两者总含量分别为12.65%、16.15%和17.17%。2种进口鲑科鱼的不饱和脂肪酸含量均超过80.00%,以挪威大西洋鲑的不饱和脂肪酸含量最高,为84.25%;单不饱和脂肪酸中以油酸含量最高,占总脂肪酸比例超过40.00%;多不饱和脂肪酸中以亚油酸、亚麻酸和DHA的含量较高。亚油酸和亚麻酸是机体生命活动必不可少、但又不能自行合成的脂肪酸,被视为必需脂肪酸。国产虹鳟肌肉中的必需脂肪酸含量高于进口鲑科鱼肌肉,尤其是亚油酸含量高达21.25%。所以,经常食用国产虹鳟有利于补充人体自身不能合成的必需脂肪酸。鲑科鱼肌肉中多不饱和脂肪酸含量也非常丰富,挪威大西洋鲑、丹麦银鲑和国产虹鳟肌肉中多不饱和脂肪酸含量分别为30.36%、28.78%和32.90%,其中 $\omega$ -3多不饱和脂肪酸含量分别为12.92%、11.58%和9.11%。

### 2.4 矿物质组成

由表5可知,国产虹鳟肌肉的矿物元素含量与进口鲑科鱼相比差异明显,其中锌、铁、钙和硒含量显著高于进口鲑科鱼;国产虹鳟的铁含量为12.90 mg/kg,丹麦银鲑的铁含量为3.04 mg/kg,挪威大西洋鲑的铁含量很低,未能检测出。国产虹鳟的钙含量是挪威大西洋鲑的4.43倍,是丹麦银鲑的5.89倍,其钙镁比分别为11.31:1、2.13:1和1.68:1。两种进口鲑科鱼间除钙和铁元素外,其他矿物元素含量间无显著差异。

表5 不同来源鲑科鱼肌肉的矿物质含量比较

Table 5 Comparison of mineral content of Salmonidae from different countries

矿物元素 Mineral element	挪威大西洋鲑 Norway Atlantic salmon	丹麦银鲑 Denmark silver salmon	国产虹鳟 China rainbow trout
锌(mg/kg) Zn	3.87±0.58b	3.50±0.22b	5.53±0.70a
铁(mg/kg) Fe	-	3.04±0.24b	12.90±0.31a
钾(mg/100 g) K	410.01±7.24a	407.10±9.05a	301.05±10.23b
镁(mg/kg) Mg	28.22±1.82	26.91±1.24	23.53±3.25
钙(mg/kg) Ca	60.01±7.21b	45.20±6.58c	266.08±10.04a
硒(mg/kg) Se	0.15±0.01b	0.16±0.01b	0.23±0.02a

### 3 讨论

蛋白质及脂肪是肉类营养评价的重要指标之一,本研究中3种鲑科鱼的粗蛋白含量为22.38%~25.31%,明显高于草鱼(16.56%)、罗非鱼(18.13%~

20.46%)和鳙鱼(18.06%)等(赵何勇等,2018);粗脂肪含量为7.19%~14.48%,高于罗非鱼(3.17%)和鲟鱼(4.55%)(Yuan et al.,2017),属高脂鱼类,其中2种进口鲑科鱼的粗脂肪含量与高白鲑(7.74%)基本相当(Yuan et al.,2017),国产虹鳟的粗脂肪含量与深水网箱养殖大黄鱼相当(12.32%~14.13%)(郭全友等,2019)。本研究分析不同来源鲑科鱼的粗营养以湿基计,而江建军等(2011)、邓林等(2012)在分析挪威和国产鲑科鱼粗营养成分时以干基计,虽然研究结果在数值上无法进行有效对比,但国产鲑科鱼粗脂肪含量明显高于进口鲑科鱼,进口鲑科鱼粗蛋白含量高于国产鲑科鱼的趋势与江建军等(2011)、刘延岭和邓林(2011)、邓林等(2012)的研究结果相一致。由于国产虹鳟粗脂肪含量过高,导致其肌肉松散,对后期加工的分割和成型造成一定困难。

必需氨基酸的种类和含量是决定蛋白质营养价值的重要指标,FAO/WHO认为必需氨基酸/总氨基酸比例在40%左右为质量较优的蛋白质(杨贤庆等,2015)。3种鲑科鱼的必需氨基酸/总氨基酸比例为41.05%~41.75%,均高于FAO/WHO的评价标准,是理想的优质蛋白来源。鲜味氨基酸的组成和含量决定肌肉的鲜美程度,其中甘氨酸和丙氨酸是呈甜味的特征氨基酸,丝氨酸和脯氨酸也与甜味有关(童铃等,2014)。3种鲑科鱼肌肉中的鲜味氨基酸/总氨基酸比例为35.98%~37.12%,高于草鱼(34.04%)和鳙鱼(35.97%),与红罗非鱼和海鲈鱼接近(赵何勇等,2018),其中又以谷氨酸含量最高,与多数鱼种肌肉氨基酸组成相似(林亚楠等,2018;钟金香等,2018)。鱼类营养价值通常从量和质两个角度进行评价。本研究中,挪威大西洋鲑和丹麦银鲑的氨基酸总量超过19.50 g/100 g,二者差异不显著,但均高于国产虹鳟的氨基酸总量;3种鲑科鱼的必需氨基酸与总氨基酸比例差异不显著,根据AAS和CS评分结果显示,进口鲑科鱼蛋白营养价值高于国产虹鳟。

不饱和脂肪酸含量高是海洋生物有别于陆地生物的重要特征之一,对肌体健康发挥重要作用,特别是 $\omega$ -3多不饱和脂肪酸具有抗血栓、抗过敏、降血脂、降胆固醇等作用,每周两餐能将心脏病引起死亡的概率降低三分之一(de Oliveira et al.,2017)。本研究结果表明,3种鲑科鱼不饱和脂肪酸含量高达79.70%~84.25%,明显高于罗非鱼(赵何勇等,2018)和网箱养殖大黄鱼(郭全友等,2019)。在不同来源鲑科鱼中,挪威大西洋鲑的饱和脂肪酸所占比例最低,不饱和脂肪酸和 $\omega$ -3型多不饱和脂肪酸所占比例

高于其他2种鲑科鱼。因此,挪威大西洋鲑是人体补充 $\omega$ -3多不饱和脂肪酸的更优选择。3种鲑科鱼的DHA含量与江建军等(2011)报道的人工养殖三文鱼的结果无明显差异,国产虹鳟的EPA含量与人工养殖三文鱼无明显差异,但均低于进口鲑科鱼EPA含量。

铁是红细胞的主要组成成分,参与体内氮体交换和组织呼吸过程、催化抗体产生,对维持人体正常生命活动具有重要作用(吴燕燕等,2016)。本研究中,3种鲑科鱼中以国产虹鳟的铁含量最高(12.90 mg/kg),与牛肉铁含量(12 mg/kg)相当,高于鲈鱼、军曹鱼、大黄鱼和罗非鱼等(8.8~10.6 mg/kg)(吴燕燕等,2016);镁能促进钙吸收,营养师推荐的钙镁比例范围为1:1~4:1,进口鲑科鱼的钙镁比例较合理,国产虹鳟的钙含量较高,长期食用有补充钙质的作用,但养殖过程应注意调整钙镁比例。

水产动物肌肉营养组成的影响因素很多,包括品种(陈胜军等,2019)、养殖环境(郭全友等,2019)及饵料组成等(王源等,2019)。本研究的鲑科鱼属回游性鱼类,只能在低温水域中繁衍生长,因此肌肉脂肪含量明显高于鲈鱼(吴燕燕等,2016)和罗非鱼(王煜坤等,2018)等淡水鱼类,推测物种品种是决定其高脂的主要原因,是该物种长期进化适应环境的结果,而国产鲑科鱼类与进口鲑科鱼类营养品质的差异,特别是脂肪含量差异是否受饵料组成所影响,具体原因有待进一步研究。

## 4 结论

3种来源鲑科鱼的氨基酸和脂肪酸含量丰富,具有高蛋白、高脂肪特征;不同来源鲑科鱼营养组成各具优势,丹麦银鲑在粗蛋白质和氨基酸含量方面优于挪威大西洋鲑和国产虹鳟,挪威大西洋鲑的不饱和脂肪酸含量最高,国产虹鳟的多种矿物质含量高于挪威大西洋鲑和丹麦银鲑。本研究可为我国虹鳟养殖提供参考依据,调整虹鳟饲料营养组成,保持我国现有虹鳟在矿物质组成方面优势的同时,提高国产虹鳟的营养品质。

### 参考文献:

陈胜军,刘先进,杨贤庆,李来好,黄卉,吴燕燕,李春生. 2019. 不同产地鲍鱼特征元素分析与主成分评价模型的建立[J]. 渔业科学进展,40(2):83-90. [Chen S J, Liu X J, Yang X Q, Li L H, Huang H, Wu Y Y, Li C S. 2019. Analysis of characteristic elements and establishment of principal component evaluation model of abalone from different habitats[J]. Progress in Fishery Sciences,40(2): 83-90.]

邓林,李华,江建军. 2012. 挪威三文鱼的营养评价[J]. 食品工业科技,33(2):377-379. [Deng L, Li H, Jiang J J. 2012. Nutrition evaluation of Norway salmon[J]. Science of Technology of Food Industry,33(2):377-379.]

郭全友,刑晓亮,王磊,宋炜,姜朝军,王鲁民. 2019. 深水网箱养殖和野生大黄鱼营养及品质差异性研究[J]. 渔业信息与战略,34(1):53-60. [Guo Q Y, Xing X L, Wang L, Song W, Jiang C J, Wang L M. 2019. On nutrition and quality differences between wild and cultured large yellow croaker *Larimichthys crocea*[J]. Fishery Information & Strategy,34(1):53-60.]

江建军,邓林,李华. 2011. 人工养殖三文鱼营养成分的分析[J]. 食品与机械,27(6):41-42. [Jiang J J, Deng L, Li H. 2011. Nutrition evaluation of artificial breeding salmon [J]. Food & Machinery,27(6):41-42.]

林建斌,梁萍,秦志清,朱庆国,邱曼丽. 2017. 野生与养殖半刺厚唇鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 中国饲料,(22):27-30. [Lin J B, Liang P, Qin Z Q, Zhu Q G, Qiu M L. 2017. Analysis of nutrition in the muscle of wild and cultured *Acrossocheilus hemispinus*[J]. China Feed, (22): 27-30.]

林亚楠,涂丹,沈清,张益奇,薛静,戴志远. 2018. 美国生长的鲫营养品质及关键风味物质研究[J]. 南方水产科学,14(3):99-106. [Lin Y N, Tu D, Shen Q, Zhang Y Q, Xue J, Dai Z Y. 2018. Study on nutritional quality and key flavor substances of American *Carassius auratus*[J]. South China Fisheries Science,14(3):99-106.]

刘延岭,邓林. 2011. 养殖三文鱼与挪威三文鱼营养成分的比较分析[J]. 食品与发酵科技,47(6):84-86. [Liu Y L, Deng L. 2011. Comparison of the nutritional components in muscles of Norway salmon and artificial breeding salmon[J]. Food and Fermentation Technology,47(6):84-86.]

童铃,金毅,徐坤华,戴志远. 2014. 3种鲑鱼背部肌肉的营养成分分析及评价[J]. 南方水产科学,10(5):51-58. [Tong L, Jin Y, Xu K H, Dai Z Y. 2014. Analysis of nutritional components in back muscle of skipjacks[J]. South China Fisheries Science,10(5):51-58.]

王倩,孙晓红,蓝蔚青,张皖君,谢晶. 2016. 保鲜冰在水产品保藏中的应用研究进展[J]. 食品与机械,32(3):226-230. [Wang Q, Sun X H, Lan W Q, Zhang W J, Xie J. 2016. Progress on application research of fresh ice for aquatic products preservation[J]. Food & Machinery,32(3):226-230.]

王源,郝佳,王新权,范忠原. 2019. 饵料中添加不同含量水平的维生素E对三文鱼生产性能的影响[J]. 现代畜牧科技,49(1):5-7. [Wang Y, Hao J, Wang X Q, Fan Z Y. 2019. Effect of adding vitamin E with different levels on the production performance of salmon[J]. Modern Animal Husbandry Science and Technology,49(1):5-7.]

王煜坤,郝淑贤,李来好,杨贤庆,黄卉,魏涯,高永清. 2018. 不同地区、品种及养殖模式罗非鱼营养差异分析[J]. 食品工业科技,39(12):231-237. [Wang Y K, Hao S X, Li L H, Yang X Q, Huang H, Wei Y, Gao Y Q. 2018. Analysis on nutrition difference of tilapia in different regions,

- species and breeding pattern[J]. Science and Technology of Food Industry, 39(12):231-237.]
- 吴燕燕,李冰,朱小静,魏涯,杨贤庆,陈胜军. 2016. 养殖海水和淡水鲈鱼的营养组成比较分析[J]. 食品工业科技, 37(20):348-352. [Wu Y Y, Li B, Zhu X J, Wei Y, Yang X Q, Chen S J. 2016. Comparison of nutrient composition of cultured sea bass and cultured fresh-water bass, *Lateolabrax japonicus* and *Micropterus salmoides*[J]. Science and Technology of Food Industry, 37(20):348-352.]
- 徐钢春,顾若波,张呈祥,郑金良,闻海波,徐跑. 2009. 刀鲚两种生态类群—“江刀”和“海刀”鱼肉营养组成的比较及品质的评价[J]. 海洋渔业, 31(4):401-409. [Xu G C, Gu R B, Zhang C X, Zheng J L, Wen H B, Xu P. 2009. Comparison and evaluation of nutrient composition of two ecological groups of Japanese grenadier anchovy-river-anchovy and sea-anchovy[J]. Marine Fisheries, 31(4):401-409.]
- 薛山,陈慧芳,黄艺婷,康梦馨,李冬冬. 2019. 三文鱼鱼骨油粗提工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 中国食品添加剂, 30(1):77-85. [Xue S, Chen H F, Huang Y T, Kang M X, Li D D. 2019. Optimization of crude extraction and fatty acid composition analysis from salmon bone oil[J]. China Food Additives, 30(1):77-85.]
- 杨贤庆,杨丽芝,黄卉,李来好,邓建朝,赵永强,杨少玲. 2015. 南海鸕乌贼墨汁营养成分分析与评价[J]. 南方水产科学, 11(5):138-142. [Yang X Q, Yang L Z, Huang H, Li L H, Deng J C, Zhao Y Q, Yang S L. 2015. Nutritional component analysis and quality evaluation of *Sthenoteuthis oualaniensis* ink in the South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 11(5):138-142.]
- 于久翔,高小强,韩岑,范瑞,韩雨哲,姜志强. 2016. 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, 28(9):2987-2997. [Yu J X, Gao X Q, Han C, Fan R, Han Y Z, Jiang Z Q. 2016. Comparative analysis on nutritional quality between wild and cultured *Takifugu rubripes*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 28(9):2987-2997.]
- 曾海英,王家磊,沈萍萍,赵玉梅,李钰金,刘远平,毕志明,刘志敏. 2015. 微波消解-ICP-MS法测定食品、水产品及其动物组织中33种金属元素[J]. 食品安全质量检测学报, (3):953-961. [Zeng H Y, Wang J L, Shen P P, Zhao Y M, Li Y J, Liu Y P, Bi Z M, Liu Z M. 2015. Determination of 33 kinds of metallic elements in food aquatic products and animal tissues by microwave digestion and ICP-MS method[J]. Journal of Food Safety and Quality, (3):953-961.]
- 赵何勇,陈谿,徐鸿飞,李华,袁宗伟,黄彩林. 2018. 海水和淡水养殖关岛红罗非鱼肌肉营养成分及品质特性分析[J]. 南方农业学报, 49(7):1396-1402. [Zhao H Y, Chen Z, Xu H F, Li H, Yuan Z W, Huang C L. 2018. Muscular nutritional components and texture profile of marine cultured and fresh water cultured Guam red tilapia (*Oreochromis* spp.) [J]. Journal of Southern Agriculture, 49(7):1396-1402.]
- 赵恒亮,吴旭干,龙晓文,何杰,姜晓东,刘乃更,成永旭. 2016. 长江、黄河和辽河种群中华绒螯蟹雄体成蟹可食组织营养组成的比较[J]. 中国水产科学, 23(5):1117-1129. [Zhao H L, Wu X G, Long X W, He J, Jiang X D, Liu N G, Cheng Y X. 2016. Nutritional composition of cultured adult male *Eriocheir sinensis* from Yangtze River, Yellow River and Liaohe River[J]. Journal of Fishery Science of China, 23(5):1117-1129.]
- 赵志霞,吴燕燕,李来好,陈胜军,林婉玲,邓建朝. 2017. 低盐罗非鱼片快速腌制的工艺研究[J]. 南方水产科学, 13(6):106-113. [Zhao Z X, Wu Y Y, Li L H, Chen S J, Lin W L, Deng J C. 2017. Study on fast brining technology for low-salinity tilapia fillets[J]. South China Fisheries Science, 13(6):106-113.]
- 钟金香,李俊伟,颜晓勇,郭永坚,王珺,朱长波. 2018. 短期饥饿对斑点叉尾鮰形态、肌肉品质构成及营养组成的影响[J]. 南方水产科学, 14(2):90-95. [Zhong J X, Li J W, Xie X Y, Guo Y J, Wang J, Zhu C B. 2018. Effects of short-term starvation on morphometrical, textural parameters and nutritional composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) [J]. South China Fisheries Science, 14(2):90-95.]
- de Oliveira M, Nabavi S F, Nabavi S M, Jardim F R. 2017. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and mitochondria, back to the future[J]. Trends in Food Science & Technology, 67:76-92.
- Eliassen K, Danielsen E, Johannesen Á, Joensen L J, Patursson E J. 2018. The cleaning efficacy of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in Faroese salmon (*Salmo salar* L.) farming pens in relation to lumpfish size and seasonality [J]. Aquaculture, 488:61-65.
- Fernández K, Aspé E, Roeckel M. 2009. Shelf-life extension on fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) using natural additives, superchilling and modified atmosphere packaging[J]. Food Control, 20(11):1036-1042.
- Friesen E N, Ikononou M G, Higgs D A, Ang KP, Dubetz C. 2008. Use of terrestrial based lipids in aquaculture feeds and the effects on flesh organohalogen and fatty acid concentrations in farmed Atlantic salmon[J]. Environmental Science & Technology, 42(10):3519-3523.
- Ikononou M G, Higgs D A, Gibbs M, Oakes J, Skura B, McKinley S, Balfry S K, Jones S, Withler R, Dubetz C. 2007. Flesh quality of market-size farmed and wild British Columbia salmon[J]. Environmental Science & Technology, 41(2):437-443.
- Misund B. 2018. Common and fundamental risk factors in shareholder returns of Norwegian salmon producing companies[J]. Journal of Commodity, 12:19-30.
- Yuan X M, Hao S X, Li L H, Yang X Q, Wei Y, Zhao Y Q, Huang H. 2017. Comparison of proximate composition and nutritional profile of three freshwater fish in China [J]. MATEC Web of Conferences, 110:114-121.