

不同规格秋刀鱼肌肉的营养成分分析与品质评价

王琳^{1,2}, 赵玲², 齐祥明¹, 刘淇^{2*}, 牟伟丽³

(1. 中国海洋大学食品科学与工程学院, 青岛 266100; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071; 3. 荣成银海水产有限公司, 荣成 264308)

摘要: **目的** 对比分析不同规格秋刀鱼肌肉的营养价值。**方法** 参照国家标准方法测定大、中、小3种规格秋刀鱼肌肉的基本营养成分、脂肪酸组成和氨基酸组成, 比较其营养价值。**结果** 随着秋刀鱼规格的增大, 秋刀鱼肌肉中的粗脂肪含量增大, 而粗蛋白、水分含量减小; 3种规格秋刀鱼肌肉中均检测出18种氨基酸, 氨基酸总量为50.93~59.50 g/100 g, 且谷氨酸含量最高(7.00~8.39 g/100 g); 根据氨基酸评分, 第一限制性氨基酸均为缬氨酸; 中规格秋刀鱼肌肉蛋白的必需氨基酸指数最高为88.44, 是良好蛋白源。不同规格秋刀鱼均富含多不饱和脂肪酸(47.23%~49.66%), 其中, 中规格秋刀鱼二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸占总脂肪酸的比例最高为27.56%。**结论** 3种规格的秋刀鱼均属于高蛋白、高脂肪鱼类, 氨基酸和脂肪酸种类丰富且比例适中; 中规格秋刀鱼必需氨基酸指数最高, 二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸的比例也最高, 营养价值相对较高。

关键词: 秋刀鱼; 规格; 营养分析; 品质评价; 氨基酸; 脂肪酸

Nutritional composition analysis and quality evaluation of muscles of different specifications of *Cololabis saira*

WANG Lin^{1,2}, ZHAO Ling², QI Xiang-Ming¹, LIU Qi^{2*}, MU Wei-Li³

(1. College of Food Science and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;
2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
3. Rongcheng Yinhai Aquatic Co., Ltd., Rongcheng 264308, China)

ABSTRACT: Objective To compare and analyze the nutritional value of the muscles of different specifications of *Cololabis saira*. **Methods** According to the national standard, the basic nutritional composition, fatty acid composition and amino acid composition of muscles of large-, medium-, and small-specifications of *Cololabis saira* were determined, and their nutritional values were compared. **Results** With the increase of the specifications of *Cololabis saira*, the content of crude fat increased, while the content of crude protein, moisture content decreased. All 3 groups of *Cololabis saira* had 18 kinds of amino acids, with a total amino acid content of 50.93-59.50 g/100 g, and the highest amino acids content in all 3 groups of *Cololabis saira* was glutamic acid (7.00-8.39 g/100 g). According to the amino acid score, the first limiting amino acid was valine. The essential amino acid index of medium-specifications group was 88.44, which was a good protein source. Muscles of 3 groups of *Cololabis saira* were abundant in polyunsaturated fatty acids (47.23%-49.66%), which the total proportion of eicosapentaenoic acid

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFD0901203)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2020YFD0901203)

*通信作者: 刘淇, 研究员, 主要研究方向为水产品加工与综合利用。E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

*Corresponding author: LIU Qi, Professor, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, No.106, Nanjing Road, Shinan District, Qingdao 266071, China. E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

and docosahexaenoic acid in medium-specifications *Cololabis saira* was the highest, reaching up to 27.56%.

Conclusion All 3 groups of the *Cololabis saira* are rich in protein and fat, the varieties of amino acids and fatty acids are abundant and the proportions are moderate. The medium-specifications group of the *Cololabis saira* has the highest essential amino acid index and the eicosapentaenoic acid+docosahexaenoic acid proportion of total fatty acid are the highest, and the nutritional value is relatively high.

KEY WORDS: *Cololabis saira*; specifications; nutritional analysis; quality evaluation; amino acids; fatty acids

0 引言

秋刀鱼(*Cololabis saira*)属颌针鱼亚目、竹刀鱼科、秋刀鱼属^[1], 鱼龄2年, 几乎全年产卵^[2], 生命周期短、产卵期长, 因此具有较强的资源恢复能力。秋刀鱼是重要的远洋捕捞经济鱼类, 根据政府间组织北太平洋渔业委员会(The North Pacific Fisheries Commission, NPF^[3])最新发布数据显示, 我国2021年度秋刀鱼海捕量为33511 t, 居世界首位, 远超过日本、韩国、瓦努阿图、俄罗斯等国, 加工利用空间广阔^[4]。秋刀鱼在北太平洋已探明有4个种群^[5], 其中西北太平洋秋刀鱼种群距中国大陆较近, 资源捕捞便利, 具备开发利用条件。

秋刀鱼肉质细嫩、味道鲜美, 含有丰富的蛋白质、脂肪等营养成分, 深受消费者青睐^[6]。近年来, 国内外学者对秋刀鱼的研究主要集中在生物学特性^[7]、资源分布^[8]、捕捞^[9]、贮藏和加工^[10-11]特性等方面, 对其营养成分的分析较少, 仅叶彬清等^[12]对秋刀鱼的品质进行了分析评价, 鲜有关于不同规格秋刀鱼营养成分的比较研究。目前水产品加工朝着精细化方向发展, 针对同一种鱼不同规格、同一条鱼不同部位的营养与风味特性进行产品开发已成为新产品研发的重要途径。因此, 本研究以不同规格的秋刀鱼为研究对象, 通过测定基本营养成分、脂肪酸组成、氨基酸组成, 对比分析不同规格秋刀鱼的营养价值, 旨在为秋刀鱼的精准加工利用提供科学依据。

1 材料与amp;方法

1.1 实验原料

实验用秋刀鱼购于蓬莱京鲁渔业有限公司, 2021年9月捕自北太平洋海域, 捕捞后在船上-35℃冻存, 运回实验室后于-50℃保存。按鱼体质量大小分为大(L)、中(M)、小(S)3种规格, 平均质量分别为(140±10)、(100±7)、(70±5)g/尾。实验前将秋刀鱼低温空气解冻, 取鱼肉, 自封袋分装后于-50℃冰箱保存备用。

1.2 试剂与仪器

氢氧化钠、硼酸、五水合硫酸铜、硫酸钾、盐酸、石油醚 60~90℃、一水氢氧化锂(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 37种脂肪酸混合标准品(色谱纯, 美国

Sigma公司)。

LX0711 箱式高温电阻炉(天津市莱玻特瑞仪器设备有限公司); K9840 型凯氏定氮仪(济南海能仪器股份有限公司); ST310 索氏浸提系统[福斯赛诺分析仪器(苏州)有限公司]; L-8800 型氨基酸自动分析仪(日本日立公司); 2695 型高效液相色谱系统(美国 Waters 公司); UV-2802 型紫外/可见分光光度计(尤尼柯仪器有限公司); Trace1310 ISQ 气相色谱-质谱联用仪(美国赛默飞世尔科技公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 基本营养成分测定

参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》, 采用直接干燥法测定水分含量。参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》, 采用第一法测定灰分含量。参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》, 采用凯氏定氮法测定粗蛋白质含量。参照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》, 采用酸水解法测定脂肪含量。

1.3.2 氨基酸组成测定

参照刘胜男等^[13]的方法测定水解氨基酸组成; 试样中色氨酸先经氢氧化锂溶液水解, 然后采用高效液相色谱法分离, 外标法定量测定。

1.3.3 氨基酸营养评价

参照王福田^[14]的方法, 按公式(1)~(4)分别计算出不同规格秋刀鱼肌肉蛋白的氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)。

标准模式氨基酸含量/(mg/g)=氨基酸含量(干基, %)/粗蛋白含量(干基, %)×6.25×1000 (1)

AAS%=标准模式样品中某种氨基酸的含量(mg/g 氮)/WHO/FAO 模式谱中对应氨基酸的含量(mg/g 氮)×100 (2)

CS%=标准模式样品中某种氨基酸的含量(mg/g 氮)/鸡蛋蛋白质中同种氨基酸的含量(mg/g 氮)×100 (3)

EAAI%=[100×标准模式样品中必需氨基酸 A 的浓度(mg/g 氮)/鸡蛋蛋白必需氨基酸 A 的浓度(mg/g 蛋白)×……×100×标准模式样品中必需氨基酸 H 的浓度(mg/g 氮)/鸡蛋蛋白必需氨基酸 H 的浓度(mg/g 蛋白)]^{1/n} (4)

公式中: WHO 为世界卫生组织(World Health Organization, WHO); FAO 为联合国粮食及农业组织(Food

and Agriculture Organization of the United Nations, FAO); n 为比较的必需氨基酸个数; A.....H 为某种必需氨基酸。

1.3.4 脂肪酸组成测定

参照赵玲等^[15]的方法测定脂肪酸组成。

1.4 数据处理

所有指标均做 3 组重复实验, 采用 SPSS 19.0 处理实验数据, 结果以平均值±标准偏差表示, $P<0.05$ 表示差异显著, $P>0.05$ 表示差异不显著。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分测定结果

不同规格秋刀鱼肌肉在粗脂肪、粗蛋白、水分、粗灰分间存在显著差异($P<0.05$), 如表 1 所示, 3 种规格秋刀鱼肌肉中粗蛋白、粗脂肪以及水分含量随个体增大而变化, 粗脂肪呈增长变化趋势, 而粗蛋白和水分呈降低变化趋势。相比于其他海洋水产品, 秋刀鱼的脂质含量相对较高, 仅次于蓝鳍金枪鱼(19.34%~30.29%)^[16], 远高于玉筋鱼(4.13%~6.09%)^[13]、海鳗(2.00%~6.08%)^[17-18]、小黄鱼(1.78%~3.25%)^[18-19]。

表 1 不同规格秋刀鱼肌肉的基本营养成分(以湿基计, %)
Table 1 Basic nutrition composition of muscles of different specifications of *Cololabis saira* (in wet basis, %)

规格	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗灰分
L	60.42±0.16 ^c	21.10±0.12 ^c	18.04±0.06 ^a	1.05±0.04 ^b
M	60.89±0.09 ^b	21.69±0.23 ^b	17.79±0.14 ^b	1.19±0.03 ^a
S	64.11±0.28 ^a	22.53±0.08 ^a	12.97±0.11 ^c	0.81±0.01 ^c

注: 同列不同小写字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

2.2 水解氨基酸组成测定结果

不同规格秋刀鱼肌肉的氨基酸组成见表 2, 3 种规格秋刀鱼肌肉中均检测出 18 种氨基酸, 氨基酸总量为 50.93~59.50 g/100 g, 不同规格秋刀鱼肌肉中水解氨基酸的种类一致, 氨基酸总量与秋刀鱼规格呈负相关, 规格越小, 水解氨基酸的总量越多, 中规格与小规格秋刀鱼的氨基酸总量差异不显著($P>0.05$), 但均显著高于大规格秋刀鱼($P<0.05$)。3 种规格秋刀鱼肌肉氨基酸中 Glu 含量最高(7.00~8.39 g/100 g), 中规格、小规格秋刀鱼的 Glu 含量显著高于大规格秋刀鱼($P<0.05$), Glu 能够参与机体氨基酸代谢, 氧化供能^[20]; 其次为 Asp (4.88~5.80 g/100 g) 和 Lys (4.40~5.29 g/100 g), Asp 对于保护心脏、降血压^[21]方面有显著作用, 而 Lys 能促进人体发育、增强免疫功能^[22]; Trp 含量最低, 为 0.53~0.61 g/100 g。3 种规格秋刀鱼 Σ EAA/ Σ AA 分别为 39.11%、39.25%和 39.41%, Σ EAA/ Σ NEAA 均大于 60%, 根据 FAO/WHO 的理想模式, 质量较好的蛋白质其组成氨基酸的 Σ EAA/ Σ NEAA 为 60%^[23-24], 这表明秋刀鱼

具有较好的氨基酸平衡作用, 是一种是良好蛋白源。

表 2 不同规格秋刀鱼肌肉的氨基酸组成(以干基计, g/100 g)
Table 2 Amino acid composition of muscles of different specifications of *Cololabis saira* (in dry basis, g/100 g)

氨基酸	含量		
	L	M	S
天冬氨酸** (aspartic acid, Asp)	4.88±0.15 ^b	5.63±0.09 ^a	5.80±0.11 ^a
苏氨酸* (threonine, Thr)	2.37±0.02 ^b	2.71±0.09 ^a	2.81±0.05 ^a
丝氨酸 (serine, Ser)	2.05±0.07 ^b	2.33±0.11 ^a	2.42±0.13 ^a
谷氨酸** (glutamic acid, Glu)	7.00±0.11 ^b	8.28±0.24 ^a	8.39±0.19 ^a
甘氨酸** (glycine, Gly)	2.63±0.02 ^b	2.66±0.05 ^b	2.84±0.01 ^a
丙氨酸** (alanine, Ala)	3.13±0.05 ^b	3.43±0.09 ^a	3.59±0.12 ^a
缬氨酸* (valine, Val)	2.60±0.06 ^c	2.94±0.03 ^b	3.06±0.03 ^a
异亮氨酸* (isoleucine, Ile)	2.27±0.01 ^b	2.61±0.07 ^a	2.70±0.03 ^a
亮氨酸* (leucine, Leu)	3.89±0.11 ^b	4.42±0.09 ^a	4.63±0.18 ^a
酪氨酸 (tyrosine, Tyr)	1.74±0.01 ^b	2.02±0.03 ^a	2.03±0.01 ^a
苯丙氨酸* (phenylalanine, Phe)	2.17±0.09 ^c	2.38±0.04 ^b	2.51±0.07 ^a
赖氨酸* (lysine, Lys)	4.40±0.02 ^b	5.06±0.15 ^a	5.29±0.17 ^a
组氨酸 (histidine, His)	3.79±0.11 ^b	4.22±0.09 ^a	4.37±0.03 ^a
精氨酸 (arginine, Arg)	3.34±0.07 ^a	3.63±0.18 ^a	3.79±0.06 ^a
脯氨酸 (proline, Pro)	1.87±0.02 ^c	2.02±0.05 ^b	2.12±0.03 ^a
半胱氨酸 (cysteine, Cys)	0.58±0.01 ^c	0.61±0.01 ^b	0.70±0.01 ^a
蛋氨酸* (methionine, Met)	1.69±0.04 ^a	1.79±0.05 ^a	1.84±0.01 ^a
色氨酸* (tryptophan, Trp)	0.53±0.02 ^b	0.59±0.01 ^a	0.61±0.05 ^a
Σ AA	50.93±0.99 ^b	57.33±1.47 ^a	59.50±1.29 ^a
Σ EAA	19.92±0.37 ^b	22.50±0.53 ^a	23.45±0.59 ^a
Σ NEAA	31.01±0.62 ^b	34.83±0.94 ^a	36.05±0.70 ^a
Σ UAA	17.64±0.33 ^b	20.00±0.47 ^a	20.62±0.43 ^a
Σ EAA/ Σ AA/%	39.11	39.25	39.41
Σ EAA/ Σ NEAA/%	64.24	64.6	65.05

注: *表示必需氨基酸; **表示鲜味氨基酸; Σ EAA 为必需氨基酸 (essential amino acids, EAA) 总量; Σ NEAA 为非必需氨基酸 (nonessential amino acid, NEAA) 总量; Σ UAA 为鲜味氨基酸 (umami amino acids, UAA) 总量, Σ AA 为氨基酸 (amino acids, AA) 总量。同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 表 4 同。

氨基酸不仅是重要的营养物质, 还是重要的滋味成分和风味前体物质^[25]。鱼肉的鲜美程度主要是由鲜味氨基酸的组成和比例决定, 3 种规格秋刀鱼 Σ UAA 为 17.64~20.62 g/100 g, 规格越小, 鲜味氨基酸含量越高, 鲜味氨基酸与其他物质协同作用共同影响秋刀鱼的风味^[26]。

2.3 氨基酸营养评价

食品中蛋白质的营养价值通常以 AAS 和 CS 为指标, 从不同角度评价蛋白质的构成与利用率的关系^[27], 食物蛋白质中必需氨基酸的组成越接近于人体蛋白质组成, 氨基酸模式越接近于全鸡蛋模式^[28], 蛋白质的吸收利用率及营

养价值就越高。结果如表 3 所示。AAS 分析结果显示, 3 种规格秋刀鱼的第一限制性氨基酸均为 Val, 大规模秋刀鱼的第二限制性氨基酸为 Trp 和 Leu, 中规格和小规格的秋刀鱼第二限制性氨基酸为 Trp。CS 分析结果显示, 3 种规格的秋刀鱼第一限制性氨基酸均为 Trp, 第二限制性氨基酸均为 Met+Cys。3 种规格的秋刀鱼肌肉中 Lys 含量均超过推荐值, 谷类(大米、大麦、小麦、燕麦等)蛋白质缺乏 Lys 而富含 Met^[29], 因此, 食用秋刀鱼可以改善人们因长期食用谷类食物而对 Lys 摄入不足的情况, 实现蛋白互补。EAAI 是评价蛋白质营养价值最常用的指标之一, 其数值反映了必需氨基酸含量与标准蛋白质的接近程度^[30], 数值越大, 蛋白利用率越高。根据 EAAI 评价标准, 中规格秋刀鱼 EAAI 最高为 88.44, 为良好蛋白源。因此, 中规格秋刀鱼的蛋白营养价值相对较高。

2.4 脂肪酸组成测定结果

3 种规格秋刀鱼肌肉的脂肪酸测定结果如表 4 所示, 共检测出 22 种脂肪酸, 脂肪酸组成基本相同, 包括 7 种饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA), 占 31.98%~32.83%; 6 种单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA), 占 17.72%~21.05%; 9 种多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA), 占 47.23%~49.66%, 中规格和小规格秋刀鱼的 MUFA 含量显著高于大规模秋刀鱼($P<0.05$), 而 3 种规格秋刀鱼在 SFA 和 PUFA 的含量上无显著性差异($P>0.05$)。3 种规格秋刀鱼肌肉中 PUFA 总比例最高, 以 ALA、DHA 和 EPA 为主。ALA、DHA、EPA 是 ω -3 系列脂肪酸中最重要的组成部分^[31], ω -3 系列脂肪酸可以参与调节人体脂质代谢, 提供神经保护, 降低心血管疾病发生的风险^[32-33]。3 种规格秋刀鱼肌肉中 ALA 含量为 15.44%~20.67%, 可以降低血清胆固醇、抗动脉粥样硬化, 还可通过体内合成和代谢转化为机体必需的生命活性因子 DHA 和 EPA^[34]。DHA 和 EPA 是人体许多重要功能所必需

的脂肪酸, 中规格秋刀鱼 EPA+DHA 占总脂肪酸的比例最高为 27.56%, 其次小规格秋刀鱼为 26.80%, 大规模秋刀鱼最低为 24.85%, 均高于三文鱼(7.42%~9.05%)^[35-36]、带鱼(16.95%~19.30%)^[37-38]、鲛鱼(15.40%~22.20%)^[39-40]、黄花鱼(10.43%~19.10%)^[40-41]。目前人们日常饮食中普遍存在 ω -3 系列脂肪酸摄入不足、 ω -6 系列脂肪酸摄入过量的现象^[42], 而 3 种规格秋刀鱼 ω -3 系列脂肪酸的比例均远高于 ω -6 系列脂肪酸, 因此食用秋刀鱼有助于调整膳食中脂肪酸的摄入比例从而平衡营养。

3 结论

秋刀鱼作为一种重要的远洋经济鱼类, 具有很高的营养价值。本研究测定了 3 种规格秋刀鱼肌肉的基本营养成分、脂肪酸组成和氨基酸组成, 结果显示不同规格秋刀鱼肌肉在基本营养成分间存在明显差异: 秋刀鱼规格越大, 粗脂肪含量越高, 粗蛋白、水分含量越低。不同规格秋刀鱼肌肉中氨基酸种类一致, 氨基酸总量在 50.93~59.50 g/100 g, 3 种规格的秋刀鱼 \sum EAA/ \sum NEAA 均大于 60%, 是良好蛋白源。根据 AAS 和 CS 分析结果, 秋刀鱼具有较高的营养价值, 食用秋刀鱼可以改善人体因长期食用谷类食物而对 Lys 摄入不足的情况, 实现蛋白互补, 结合 EAAI 结果, 中规格秋刀鱼的蛋白营养价值相对较高。不同规格秋刀鱼肌肉中共检测出 22 种脂肪酸, 包括 7 种 SFA、6 种 MUFA 和 9 种 PUFA, 其中 PUFA 所占比例最高为 47.23%~49.66%。秋刀鱼富含 ω -3 脂肪酸, 中规格秋刀鱼 EPA+DHA 占总脂肪酸的比例最高为 27.56%。综上所述, 秋刀鱼高蛋白、高脂肪, 氨基酸和脂肪酸种类丰富、比例适中, 可作为当今的理想健康食品进一步精深加工以提高价值, 而中规格秋刀鱼相较于其他两种规格秋刀鱼, EAAI 相对较高, EPA+DHA 占总脂肪酸的比例也较高, 能够更好地达到蛋白互补、平衡膳食的效果。

表 3 不同规格秋刀鱼肌肉的必需氨基酸营养价值评价

Table 3 Nutritional evaluation of essential amino acids in muscles of different specifications of *Cololabis saira*

必需氨基酸	FAO/WHO 模式 /[mg/(g·pro)]	全鸡蛋模式 /[mg/(g·pro)]	L		M		S	
			AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
异亮氨酸(Ile)	250	331	1.06	0.80	1.18	0.89	1.08	0.81
亮氨酸(Leu)	440	534	1.04 ²	0.85	1.13	0.93	1.05	0.86
赖氨酸(Lys)	340	441	1.52	1.17	1.68	1.29	1.55	1.20
蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)	220	386	1.21	0.69 ²	1.23	0.70 ²	1.15	0.66 ²
苯丙氨酸+酪氨酸(Phe+Tyr)	380	565	1.21	0.81	1.30	0.88	1.19	0.80
苏氨酸(Thr)	250	292	1.11	0.95	1.22	1.05	1.12	0.96
缬氨酸(Val)	318	410	0.96 ¹	0.74	1.04 ¹	0.81	0.96 ¹	0.74
色氨酸(Trp)	60	99	1.04 ²	0.63 ¹	1.11 ²	0.67 ¹	1.01 ²	0.61 ¹
必需氨基酸指数(EAAI)			81.75		88.44		81.34	

注: ¹ 表示第一限制性氨基酸; ² 表示第二限制性氨基酸。

表 4 不同规格秋刀鱼肌肉的脂肪酸组成(%)
Table 4 Fatty acid compositions of muscles of different specifications of *Cololabis saira* (%)

脂肪酸	含量		
	L	M	S
C _{14:0}	9.71±0.07 ^a	9.84±0.09 ^a	8.28±0.05 ^b
C _{15:0}	0.69±0.01 ^c	0.94±0.02 ^a	0.80±0.01 ^b
C _{16:0}	17.60±0.59 ^a	17.83±0.22 ^a	18.27±0.35 ^a
C _{17:0}	0.62±0.04 ^b	0.59±0.03 ^b	0.74±0.01 ^a
C _{18:0}	3.33±0.40 ^a	3.20±0.27 ^a	3.46±0.33 ^a
C _{20:0}	0.34±0.01 ^a	0.33±0.01 ^a	0.31±0.02 ^a
C _{22:0}	0.11±0.02 ^a	0.10±0.02 ^a	0.12±0.01 ^a
SFA	32.40±1.14 ^a	32.83±0.66 ^a	31.98±0.78 ^a
C _{16:1}	3.36±0.07 ^b	3.91±0.18 ^a	3.83±0.09 ^a
C _{18:1 (trans)-9t}	1.19±0.04 ^a	0.88±0.01 ^c	1.03±0.02 ^b
C _{18:1 (cis)-9c}	7.40±0.33 ^b	6.52±0.43 ^c	9.11±0.26 ^a
C _{20:1-11c}	3.51±0.15 ^c	5.70±0.09 ^a	4.39±0.11 ^b
C _{22:1 (n-9)}	0.74±0.01 ^c	1.44±0.03 ^a	1.01±0.01 ^b
C _{24:1}	1.52±0.43 ^b	2.48±0.31 ^a	1.68±0.35 ^b
MUFA	17.72±1.03 ^b	20.93±1.05 ^a	21.05±0.84 ^a
C _{18:2 (trans)-9t,12t}	0.39±0.02 ^b	0.60±0.02 ^a	0.41±0.01 ^b
C _{18:2 (cis)-9c,12c}	2.11±0.31 ^a	2.03±0.22 ^a	2.02±0.19 ^a
C _{18:3-γ (GLA)}	0.44±0.05 ^a	0.31±0.03 ^b	0.29±0.01 ^b
C _{18:3-α (ALA)}	20.67±0.75 ^a	15.44±0.48 ^c	16.82±0.61 ^b
C _{20:2-11c,14c}	0.49±0.04 ^a	0.51±0.06 ^a	0.50±0.03 ^a
C _{20:3 (n-6)}	0.19±0.03 ^a	0.14±0.03 ^a	0.11±0.01 ^a
C _{20:4 (ARA)}	0.52±0.08 ^a	0.64±0.04 ^a	0.51±0.03 ^a
C _{20:5 (EPA)}	7.54±0.21 ^b	9.67±0.18 ^a	8.02±0.24 ^b
C _{22:6 (DHA)}	17.31±0.87 ^a	17.89±1.45 ^a	18.78±1.36 ^a
EPA+DHA	24.85±1.08 ^a	27.56±1.88 ^a	26.80±1.65 ^a
PUFA	49.66±2.36 ^a	47.23±2.51 ^a	47.46±2.49 ^a

注: 饱和脂肪酸(saturated fatty acid, SFA), 单不饱和脂肪酸(monounsaturated fatty acid, MUFA), γ -亚麻酸(γ -linolenic acid, GLA), α -亚麻酸(α -linolenic acid, ALA), 花生四烯酸(arachidonic acid, ARA), 二十碳五烯酸(eicosapentaenoic acid, EPA), 二十二碳六烯酸(docosahexaenoic acid, DHA), 多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid, PUFA)。

参考文献

- 梁佳伟, 陈新军, 花传祥, 等. 秋刀鱼渔业资源与渔场学研究进展—基于 Citespace 分析[J]. 海洋湖沼通报, 2021, 43(3): 117–128.
LIANG JW, CHEN XJ, HUA CX, et al. A Citespace analysis based review of pacific saury fishery resources and fishery oceanography [J]. Trans Oceanol Limnol, 2021, 43(3): 117–128.
- 孙满昌, 叶旭昌, 张健, 等. 西北太平洋秋刀鱼渔业探析[J]. 海洋渔业, 2003, (3): 112–115.
SUN MC, YE XC, ZHANG J, et al. Analysis on the fishery characteristics of Saury fish in Northwest Pacific Ocean [J]. Mar Fish, 2003, (3): 112–115.
- HSU J, CHANG YJ, KITAKADO T, et al. Evaluating the spatiotemporal dynamics of pacific saury in the Northwestern Pacific Ocean by using a geostatistical modelling approach [J]. Fishes Res, 2021, 235: 105821.
- NPFC Secretariat. NPFC-2022-AR-annual summary footprint [EB/OL]. [2022-06-02]. <https://www.npfc.int/summary-footprint-pacific-saury-fisheries>
- 汤振明, 黄洪亮, 石建高. 中国开发利用西北太平洋秋刀鱼资源的探

- 讨[J]. 海洋科学, 2004, 28(10): 56–59.
TANG ZM, HUANG HL, SHI JG. An approach to exploitation and utilization of *Cololabis saira* resource in west Pacific Ocean [J]. Mar Sci, 2004, 28(10): 56–59.
- 罗海波, 陈伟, 王锦富, 等. 秋刀鱼营养价值及其开发利用研究进展[J]. 水产科学, 2016, 35(2): 179–184.
LUO HB, CHEN W, WANG JF, et al. Current advances on nutrition, exploitation and utilization of pacific saury [J]. Fish Sci, 2016, 35(2): 179–184.
- MIYAMOTO H, VIJAI D, KIDOKORO H, et al. Geographic variation in feeding of Pacific saury *Cololabis saira* in June and July in the North Pacific Ocean [J]. Fish Ocea, 2020, 29(6): 558–571.
- KAKEHI S, ABO JI, MIYAMOTO H, et al. Forecasting Pacific saury (*Cololabis saira*) fishing grounds off Japan using a migration model driven by an ocean circulation model [J]. Ecol Model, 2020, 431: 109150.
- SAWADA K, TAKAHASHI H, ABE K, et al. Target-strength, length, and tilt-angle measurements of Pacific saury (*Cololabis saira*) and Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) using an acoustic-optical system [J]. ICES J Mar Sci, 2009, 66(6): 1212–1218.
- 王凤玉, 曹荣, 赵玲, 等. 秋刀鱼-20°C、-30°C和-50°C冻藏过程中品质变化[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(21): 7–11.
WANG FY, CAO R, ZHAO L, et al. Effect of temperature on the quality of *Cololabis saira* during -20°C, -30°C and -50°C frozen storage [J]. Food Res Dev, 2015, 36(21): 7–11.
- KIMURA M, HIRAOKA Y, KIMIYA T, et al. Formation of trimethylamine in Pacific saury muscle during frozen storage [J]. Nippon Suisan Gakk, 2010, 76(6): 1073–1079.
- 叶彬清, 陶宁萍, 王锡昌. 秋刀鱼肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2014, 36(4): 406–408.
YE BQ, TAO NP, WANG XC. Analysis and evaluation of nutritional composition of *Cololabis saira* muscle [J]. Acta Nutr Sin, 2014, 36(4): 406–408.
- 刘胜男, 王善宇, 曹荣, 等. 不同规格玉筋鱼的营养分析与评价[J]. 渔业科学进展, 2022, 43(1): 188–194.
LIU SN, WANG SY, CAO R, et al. Nutritional composition analysis and quality evaluation of different sizes of ammodytes personatus [J]. Prog Fish Sci, 2022, 43(1): 188–194.
- 王福田. 不同产区、生长形态和烹制方式下青蟹营养和感官品质比较研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2021.
WANG FT. Comparison and study on the nutritional and sensory qualities of the mud crab (*Scylla paramamosain*) from different sources, growth forms and cooking methods [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2021.
- 赵玲, 曹荣, 刘淇, 等. 银鲑不同部位肌肉的营养评价与特征风味分析[J]. 核农学报, 2022, 36(2): 384–391.
ZHAO L, CAO R, LIU Q, et al. Nutritional evaluation and characteristic flavor analysis of different muscle parts of oncorhynchus kisutch [J]. J Nucl Agric Sci, 2022, 36(2): 384–391.
- 赵玲, 胡梦月, 曹荣, 等. 蓝鳍金枪鱼不同部位肌肉的营养与主要风味分析[J]. 渔业科学进展, 2022. DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20211013001
ZHAO L, HU MY, CAO R, et al. Analysis of nutrition and major flavor of different muscle parts of *Thunnus thynnus* [J]. Prog Fish Sci, 2022. DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20211013001
- 曾少葵, 章超桦, 蒋志红. 海鳗肌肉及鱼头营养成分的比较研究[J]. 海洋科学, 2002, 26(5): 13–15.
ZENG SK, ZHANG CH, JIANG ZH. Study on the comparison of the food nutrient contents between the muscle and head of *muraenesox cinereus* [J]. Mar Sci, 2002, 26(5): 13–15.
- 于琴芳, 邓放明. 鲢鱼、小黄鱼、鳕鱼和海鳗肌肉中营养成分分析及评价[J]. 农产品加工(学刊), 2012, (9): 11–14.
YU QF, DENG FM. Analysis and evaluation of nutritional components in

- muscle of silver carp, small yellow croaker, gadus macrocephalus and muraenesox cinereus [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2012, (9): 11-14.
- [19] 高学慧, 张小军, 余海霞, 等. 小黄鱼和棘头梅童鱼肌肉营养成分分析及品质评价[J]. 浙江大学学报(理学版), 2020, 47(3): 362-369. GAO XH, ZHANG XJ, YU HX, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components in the muscle of *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucidus* [J]. J Zhejiang Univ (Sci Ed), 2020, 47(3): 362-369.
- [20] 王秋菊, 许丽, 范明哲. 谷氨酸和谷氨酰胺转运系统的研究进展[J]. 动物营养学报, 2011, 23(6): 901-907. WANG QJ, XU L, FAN MZ. Recent advances in transport systems of glutamate and glutamine [J]. Chin J Anim Nutr, 2011, 23(6): 901-907.
- [21] MAHOUGLO BH, CHIMÈNE ARY, WILFRIED Z, *et al.* Nutritional composition of fatty acids and amino acids of the fermented scomberomorus tritor in benin [Z]. 2019.
- [22] ASGHARI G, TEYMOORI F, FARHADNEJAD H, *et al.* Dietary amino acid patterns are associated with incidence of chronic kidney disease [J]. J Renal Nutr, 2021, 32(3): 312-318.
- [23] MOHANTY B, MAHANTY A, GANGULY S, *et al.* Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition [J]. J Amino Acids, 2014, (3): 269797.
- [24] 张高静, 韩丽萍, 孙剑锋, 等. 南美白对虾营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 254-260. ZHANG GJ, HAN LP, SUN JF, *et al.* Analysis and evaluation of nutritive composition in *Penaeus vannamei* [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2013, 13(8): 254-260.
- [25] 陈跃文, 蔡文强, 祁立波, 等. 俄罗斯鲑鱼不同部位肌肉营养组成分析与评价[J]. 中国食品学报, 2019, 19(8): 286-293. CHEN YW, CAI WQ, QI LB, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components in the muscle of different parts of Russian sturgeon [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2019, 19(8): 286-293.
- [26] 廖兰, 赵谋明, 崔春. 肽与氨基酸对食品滋味贡献的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(12): 107-113. LIAO L, ZHAO MM, CUI C. Review on the taste of peptides and amino acid to foodstuffs [J]. Food Ferment Ind, 2009, 35(12): 107-113.
- [27] 许丹, 朱剑, 严忠雍, 等. 加工方式对金枪鱼糜制品氨基酸组成和营养价值影响研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(11): 74-80. XU D, ZHU J, YAN ZY, *et al.* Amino acid composition and nutritional value of tuna surimi products prepared by different processing methods [J]. China Cond, 2020, 45(11): 74-80.
- [28] 徐薇薇, 姚瑞基, 袁维新, 等. 宁夏滩羊后腿肉营养评价及挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(10): 41-45. XU WW, YAO RJ, YUAN WX, *et al.* Nutritional assessment and flavor compounds of hind leg meat in tan sheep [J]. Meat Res, 2017, 31(10): 41-45.
- [29] 张艳霞, 谢成民, 周纷, 等. 两种养殖模式大黄鱼肌肉营养价值评价及主体风味物质差异性分析[J]. 食品科学, 2020, 41(8): 220-227. ZHANG YX, XIE CM, ZHOU F, *et al.* Evaluation of muscle nutritional value and differences in main flavor substances of *Pseudosciaena crocea* in two cultivation modes [J]. Food Sci, 2020, 41(8): 220-227.
- [30] 杜雪莉, 张凌晶, 杨欣怡, 等. 4 种饲料养殖小龙虾营养成分分析及品质评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(2): 576-584. DU XL, ZHANG LJ, YANG XY, *et al.* Nutritional composition analysis and quality evaluation of *Procambarus clarkii* fed with 4 kinds of feeds [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(2): 576-584.
- [31] KERRILES O, LAYÉ S, CALON F. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and brain health: Preclinical evidence for the prevention of neurodegenerative diseases [J]. Trends Food Sci Technol, 2017, 69(Part B): 203-213.
- [32] CLARK WF, PARBTANI A, PHILBRICK DJ, *et al.* Chronic effects of omega-3 fatty acids (fish oil) in a rat 5/6 renal ablation model [J]. J Am Soc Nephrol: JASN, 1991, 1(12): 1343-1353.
- [33] WILLIAM EC. Importance of n-3 fatty acids in health and disease [J]. Am J Clin Nutr, 2000, 71(s): 171-175.
- [34] 赵宏, 闫爱云, 王建绣. α -亚麻酸对人体健康的作用及食物来源[J]. 健康之路, 2017, 16(6): 147. ZHAO H, YAN AIY, WANG JX. Effects of α -linolenic acid on human health and its food source [J]. Health Way, 2017, 16(6): 147.
- [35] 胡蕾琪. 微波巴氏杀菌处理对三文鱼脂肪酸品质的影响研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020. HU LQ. Effects of microwave pasteurization on fatty acid quality of atlantic salmon [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [36] 苏红, 李雨欣, 钱雪丽, 等. 鳙鱼、金枪鱼和三文鱼鱼头的营养分析与品质评价[J]. 食品工业科技, 2019, 40(17): 212-217. SU H, LI YX, QIAN XL, *et al.* Nutrition analysis and quality evaluation of *aristichthys nobilis*, *thunnus obesus* and salmon salar head [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(17): 212-217.
- [37] 揭珍, 徐大伦, 杨文鸽. 新鲜带鱼营养成分及风味物质的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(11): 1201-1205. JIE Z, XU DL, YANG WG. Analysis of nutritional and flavor components in the fresh *trichiurus lepturus* muscle [J]. J Food Sci Biotechnol, 2016, 35(11): 1201-1205.
- [38] 吴凌涛, 林晨, 王季平, 等. 十种淡水鱼脂肪酸组成及其营养价值分析[J]. 食品工业, 2017, 38(8): 269-271. WU LT, LIN C, WANG LP, *et al.* Analysis of the fatty acid composition and nutritional value in ten species of freshwater fish [J]. Food Ind, 2017, 38(8): 269-271.
- [39] 简冲, 曹荣, 王善宇, 等. 咸干鲛鱼自然风干过程中脂质变化[J]. 肉类研究, 2021, 35(12): 1-6. JIAN C, CAO R, WANG SY, *et al.* Changes in lipid profile of dried salted spanish mackerel during natural air drying [J]. Meat Res, 2021, 35(12): 1-6.
- [40] 祖丽亚, 罗俊雄, 樊铁. 海水鱼与淡水鱼脂肪中 EPA、DHA 含量的比较[J]. 中国油脂, 2003, (11): 48-50. ZU LY, LU JX, FAN T. Comparison of epa and dha content in several sea fishes and fresh water fishes [J]. China Oil Fat, 2003, (11): 48-50.
- [41] 吕丹丹, 赵琪, 曹天明, 等. 盐渍和干制工艺中小黄花鱼脂质的变化[J]. 大连工业大学学报, 2020, 39(3): 157-162. LV DD, ZHAO Q, CAO TM, *et al.* Changes of lipids of small yellow croaker in salting and drying process [J]. J Dalian Polytech Univ, 2020, 39(3): 157-162.
- [42] AP A, SSD B, VKM B, *et al.* Futuristic food fortification with a balanced ratio of dietary ω -3/ ω -6 omega fatty acids for the prevention of lifestyle diseases [J]. Trends Food Sci Technol, 2022, 120: 140-153.

(责任编辑: 韩晓红 郑 丽)

作者简介



王 琳, 硕士, 主要研究方向为水产品加工。

E-mail: arlene703@163.com



刘 淇, 研究员, 主要研究方向为水产品加工与综合利用。

E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn