

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20200825001

http://www.yykxjz.cn/

刘胜男, 王善宇, 曹荣, 赵玲, 刘淇. 不同规格玉筋鱼的营养分析与评价. 渔业科学进展, 2022, 43(1): 188-194
LIU S N, WANG S Y, CAO R, ZHAO L, LIU Q. Nutritional composition analysis and quality evaluation of different sizes of *Ammodytes personatus*. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(1): 188-194

不同规格玉筋鱼的营养分析与评价*

刘胜男¹ 王善宇^{1,2} 曹荣¹ 赵玲¹ 刘淇^{1①}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 山东 青岛 266071; 2. 江苏海洋大学 江苏 连云港 222005)

摘要 为了解玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)的营养价值,系统分析了3种不同规格玉筋鱼的基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成和无机元素组成。结果显示,样品规格越小,其水分、灰分和粗蛋白含量越高,粗脂肪含量越低。17种被检出的水解氨基酸中含量最高的4种氨基酸分别为谷氨酸、天门冬氨酸、赖氨酸和亮氨酸,并且规格越小,水解氨基酸含量和必需氨基酸含量越高;根据氨基酸评分分析结果可知,玉筋鱼的第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基酸为异亮氨酸;根据化学评分可知,其第一限制性氨基酸为含硫氨基酸(蛋氨酸+半胱氨酸),第二限制性氨基酸为缬氨酸;其必需氨基酸指数分别为90.75、85.74和86.04。不同规格样品的脂肪酸组成有明显的差异,饱和脂肪酸含量由小到大分别为41.71、60.68和69.31 mg/g,单不饱和脂肪酸分别为31.81、65.03和103.91 mg/g,多不饱和脂肪酸(PUFA)分别为83.17、110.71和109.39 mg/g,并且规格越大,C20:5 n3占PUFA的比例越高,C22:6 n3占PUFA的比例越低。玉筋鱼富含人体所需的多种无机元素,常量元素中Na和K含量最高,微量元素中Fe和Zn的含量最高。研究表明,玉筋鱼是一种营养价值较高、味道鲜美的优质鱼类。

关键词 玉筋鱼;规格;营养组成;品质评价

中图分类号 TS254.7 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2022)01-0188-07

玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)隶属于鲈形目(Perciformes)、玉筋鱼亚目(Ammodytoidei)、玉筋鱼科(Ammodytidae),俗称“面条鱼”、“沙钻”,是一种冷温型地方性小型鱼种,最长寿命为3龄,通常1龄鱼体长在100 mm以下,2龄鱼体长为100~130 mm,3龄鱼体长为130~160 mm(洪泽洲等,2020;唐明芝等,2003)。玉筋鱼的生物量大而集中,渔期在4—6月,喜食浮游生物,是黄、渤海海域一种重要的中上层渔业生物资源(陈昌海等,2000;王秀亮,2017)。马绍赛等(2003)采用底网浮拖捕获鱼类的方式对胶州湾外南沙水域渔业资源进行调查,发现玉筋鱼的资源量居第1

位,占总资源量的96.5%,是调查季节在该水域可形成渔汛的唯一品种。2000年以来,受过度捕捞和《中韩渔业协定》的影响,玉筋鱼资源严重衰退,2019年捕捞量为8.8万t。玉筋鱼营养价值高,不仅可以作为饵料资源,更因价格低廉、肉鲜味美、蛋白质丰富而被用于食品加工、鱼粉加工和冷冻品的加工,并且因可以“吃鱼不吐骨”而深受消费者的喜爱。

目前,对玉筋鱼的研究主要停留在对其形态、生物学特征、饵料、摄食转换效率以及遗传学等方面(张辉等,2011;洪泽洲等,2020;孙耀等,2004;Hashimoto,1984;韩志强,2008),缺乏对玉筋鱼基本

* 国家重点研发计划(2018YFD0901004)资助 [This work was supported by National Key Research and Development Program of China (2018YFD0901004)]. 刘胜男, E-mail: 17864271332@163.com

① 通讯作者: 刘淇, 研究员, E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2020-08-25, 收修改稿日期: 2020-09-14

营养组成的分析。本研究对不同规格玉筋鱼的基本营养成分、氨基酸组成、脂肪酸组成和无机元素含量等进行了测定和分析, 以期为玉筋鱼资源的进一步开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用玉筋鱼采自山东青岛市黄岛区积米崖, 采集后迅速加冰袋置于保温箱中运回实验室, 按体质量大小分为 3 种规格, 具体规格参数见表 1。对其进行去头去内脏处理, 然后用纯净水冲洗干净, 分装于无菌样品袋中备用。

表 1 玉筋鱼原料规格

Tab.1 Classification of *A. personatus* based on weight

规格 Size	小规格 Small	中规格 Middle	大规格 Large
平均体质量(g/尾) Average weight (g/tail)	1.05±0.22 ^a	1.93±0.26 ^b	3.69±0.30 ^c

注: 同行不同上标字母表示差异显著($P<0.05$), 下同
Note: Data with different superscripts in the same row indicate significant differences ($P<0.05$). The same as below

1.2 仪器与设备

DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司); LX0711 型箱式高温电阻炉(天津市莱玻特瑞仪器有限公司); K9840 型凯氏定氮仪(济南海能仪器股份有限公司); Trace1310 ISQ 气相色谱仪质谱仪(Thermo 公司, 美国); LA8080 型高速氨基酸分析仪(株式会社日立高新技术公司, 日本); ETHOS 1 微波消解仪(MILESTONE 公司, 意大利); iCAPQ 电感耦合等离子体质谱仪(Thermo 公司, 美国); BR4I 离心机(Thermo 公司, 美国)。

1.3 实验方法

1.3.1 基本营养成分测定 采用 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的常压干燥法测定水分含量。采用 GB 5009.4-2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》中的高温灼烧法测定灰分含量。采用 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法测定粗蛋白质含量。采用 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏提取法测定粗脂肪含量。

1.3.2 脂肪酸组成测定 参照 GB5009.168-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》中的外

标法测定脂肪酸组成并做一定修改。

样品经水解和提取后, 加入 2 mL 2%氢氧化钠甲醇溶液, 85℃水浴锅中水浴 30 min 后, 加入 3 mL 14%三氟化硼甲醇溶液, 继续水浴 30 min。水浴完成降至室温, 在离心管中加入 1 mL 正己烷, 震荡萃取 2 min, 静置 1 h。取上层清液 100 μL, 用正己烷定容到 1 mL。过 0.45 μm 滤膜, 上机待测。

气相色谱条件: TG-5MS (30.00 m×0.25 mm×0.25 μm); 进样口温度为 290℃; 氮气作为载气, 载气流速为 1.2 mL/min; 升温程序: 80℃保持 1 min, 以 10℃/min 的速率升温至 200℃, 继续以 5℃/min 的速率升温至 250℃, 最后以 2℃/min 的速率升到 270℃, 保持 3 min。

质谱条件: 离子源温度为 280℃; 电离能量为 70 eV; 质量扫描范围为 30~400 m/z。

1.3.3 氨基酸组成测定 按照 GB 5009.124-2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》, 采用氨基酸自动分析仪测定。

1.3.4 肌肉营养品质评价 根据联合国粮食及农业组织(FAO)和世界卫生组织(WHO) 1973 年建议的氨基酸评分标准模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式进行比较, 以氨基酸评分(amino acid score, AAS)、化学评分(chemical score, CS)和必需氨基酸指数(essential amino acid index, EAAI)来评定肌肉蛋白质的氨基酸营养价值(宋红梅等, 2020)。按照公式
样品蛋白质氨基酸质量分数=样品氨基酸含量(干基, %)/样品粗蛋白含量(干基, %)×6.25×1000 换算后, 计算 AAS、CS 和 EAAI 值, FAO/WHO 评分模式规定值和全鸡蛋模式评分规定值参照 Xu 等(2014)。

1.3.5 无机元素分析 样品前处理方法参照迟鸿悦等(2018)。ICP-MS 参数: 射频功率为 1550 W, 雾化室温度为 2.7℃; 采样深度为 5 mm; 冷却气流流速为 14 L/min; 辅助气流流速为 0.8 L/min; 雾化气流速为 0.9 L/min。

1.4 数据处理

采用 SPSS 17.0 软件对数据进行处理, 实验重复 3 次, 结果以 $\bar{x} \pm SD$ 表示, 以 $P<0.05$ 为显著, $P>0.05$ 为不显著。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分测定结果

玉筋鱼具有蛋白含量高、脂肪含量低的特点, 符合水产品营养组成的一般特征。不同规格的玉筋鱼在基本营养组成上存在显著差异。如表 2 所示, 湿基样

品规格越小,其水分、灰分、粗蛋白含量越高,粗脂肪含量越低,其中水分和粗脂肪的变化更为明显,这与杂交鲟(*Acipenser baeri* ♂×*Acipenserschrenkii* ♀)(杜强等,2017)的变化规律较为相似。折算成干基后,小、中、大 3 种规格玉筋鱼样品的灰分含量分别为

8.41%、8.10%和 7.48%,粗蛋白含量分别为 71.40%、68.00%和 63.08%。粗脂肪含量分别为 15.89%、19.71%和 24.88%,说明对于干基样品而言,玉筋鱼规格越小,其灰分和粗蛋白的含量越高,粗脂肪的含量越低,且差异显著($P<0.05$)。

表 2 玉筋鱼基本营养成分测定结果(以湿基计,%)

Tab.2 Basic nutrition composition of *A. personatus* (in wet basis, %)

规格 Size	水分 Moisture	灰分 Ash	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat
小规格 Small	74.07±0.29 ^a	2.18±0.11 ^a	18.54±0.12 ^a	4.13±0.40 ^c
中规格 Middle	73.62±0.48 ^b	2.14±0.07 ^{ab}	17.94±0.34 ^b	5.20±0.22 ^b
大规格 Large	71.91±0.33 ^c	2.10±0.04 ^b	17.72±0.43 ^c	6.99±0.27 ^a

2.2 水解氨基酸组成分析结果

玉筋鱼水解氨基酸组成见表 3,其 $\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{AA}$ 接近 40%,符合 FAO/WHO 对优质蛋白的判定标准。在氨基酸组成方面, Glu、Asp、Lys 和 Leu 含量较高,

表 3 玉筋鱼水解氨基酸组成(以干基计, g/100 g)

Tab.3 Amino acid composition of *A. personatus* (in dry basis, g/100 g)

氨基酸种类 Amino acid species	含量 Content		
	小规格 Small	中规格 Middle	大规格 Large
天门冬氨酸 Asp	7.06±0.16 ^c	6.40±0.11 ^b	6.00±0.30 ^a
苏氨酸 Thr*	3.46±0.03 ^b	3.08±0.02 ^a	2.88±0.09 ^a
丝氨酸 Ser	3.20±0.11 ^b	2.90±0.02 ^a	2.74±0.05 ^a
谷氨酸 Glu	10.3±0.21 ^c	9.17±0.34 ^b	8.48±0.17 ^a
甘氨酸 Gly	4.07±0.12 ^b	3.79±0.37 ^a	3.64±0.11 ^a
丙氨酸 Ala	4.64±0.45 ^b	4.16±0.17 ^a	3.91±0.05 ^a
半胱氨酸 Cys	0.71±0.01 ^b	0.63±0.01 ^a	0.58±0.01 ^a
缬氨酸 Val*	3.65±0.02 ^b	3.27±0.14 ^a	3.06±0.22 ^a
蛋氨酸 Met*	2.28±0.01 ^a	2.09±0.19 ^a	1.84±0.07 ^a
异亮氨酸 Ile*	3.17±0.18 ^b	2.86±0.06 ^a	2.69±0.07 ^a
亮氨酸 Leu*	5.83±0.23 ^c	5.23±0.04 ^b	4.91±0.09 ^a
酪氨酸 Tyr	2.73±0.08 ^b	2.42±0.04 ^a	2.23±0.12 ^a
苯丙氨酸 Phe*	3.02±0.13 ^b	2.72±0.03 ^a	2.60±0.03 ^a
赖氨酸 Lys*	6.53±0.13 ^c	5.94±0.21 ^b	5.57±0.12 ^a
组氨酸 His	1.98±0.04 ^a	1.78±0.11 ^a	1.65±0.05 ^a
精氨酸 Arg	4.56±0.30 ^c	4.10±0.09 ^b	3.82±0.13 ^a
脯氨酸 Pro	2.98±0.11 ^b	2.61±0.02 ^a	2.42±0.11 ^a
必需氨基酸总量 ΣEAA	27.94±0.73 ^c	25.19±0.69 ^b	23.55±0.69 ^a
非必需氨基酸总量 ΣNEAA	42.23±1.69 ^c	37.96±1.24 ^b	35.47±1.10 ^a
氨基酸总量 ΣAA	70.17±2.42 ^c	63.15±1.93 ^b	59.02±1.79 ^a
$\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{AA}/\%$	39.82	39.89	39.90
$\Sigma\text{EAA}/\Sigma\text{NEAA}/\%$	66.16	66.36	66.39

注: *: 必需氨基酸

Note: *: Essential amino acid

Cys 的含量较低。Glu 和 Asp 是重要的鲜味氨基酸,且 Asp 在保护心脏、降血压方面有很好的功效(Mohanty *et al*, 2014)。不同规格的玉筋鱼,其氨基酸种类和比例基本一致;并且规格越小,水解氨基酸总量含量越高。

2.3 肌肉蛋白营养价值评价结果

按照 FAO/WHO 建议的氨基酸评分标准模式(AAS)和全鸡蛋蛋白质的化学评分标准模式(CS),分别计算出不同规格玉筋鱼的 EAAI 值(不包括 Trp),结果如表 4 所示。根据 AAS 分析结果可知,玉筋鱼的第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基酸为异亮氨酸;根据 CS 评分可知,其第一限制性氨基酸为含硫氨基酸(Met+Cys),第二限制性氨基酸为缬氨酸,其 Lys 含量已经超过了 FAO/WHO 和全鸡蛋模式的推荐值,可以改善长期食用谷类食物的消费者对 Lys 摄入不足的情况,实现更高的蛋白利用率。现代营养学认为,食物中蛋白质的必需氨基酸组成越接近人体的蛋白质组成,氨基酸模式越接近全鸡蛋模式,其营养价值就越高(王雪锋等,2010),而 EAAI 是评价蛋白质营养价值最常用的指标之一,数值越大,表明蛋白利用率越高。由表 4 可知,小规格玉筋鱼的 EAAI 值最高,为 90.75,中等规格和大规格玉筋鱼 EAAI 值相差不大,分别为 85.74 和 86.04。

2.4 脂肪酸组成分析结果

采用气相色谱-质谱法在玉筋鱼肌肉中检测出 25 种脂肪酸,其中,多不饱和脂肪酸(PUFA) 9 种、单不饱和脂肪酸(MUFA) 6 种、饱和脂肪酸(SFA) 10 种,具体结果如表 5 所示。在脂肪酸含量方面,小、中、大规格玉筋鱼脂肪酸总含量分别为 156.69、236.42 和 282.61 mg/g,差异显著($P<0.05$),小规格玉筋鱼中 PUFA、SFA、MUFA 含量分别为 83.17、41.71

表 4 玉筋鱼肌肉必需氨基酸营养价值评价

Tab.4 Nutritional evaluation of essential amino acids in muscle of *A. personatus*

必需氨基酸 Essential amino acids	FAO/WHO 评分模式规定值 FAO/WHO standard mode/(mg·g ⁻¹ prot)	全鸡蛋白评分规定值 Whole-protein score rating /(mg·g ⁻¹ prot)	小规格		中规格		大规格	
			Small		Middle		Large	
			AAS	CS	AAS	CS	AAS	CS
Ile	2.50	3.31	1.11 ²	0.84	1.05 ²	0.79	1.07 ²	0.81
Leu	4.40	5.34	1.16	0.96	1.09	0.90	1.11	0.91
Lys	3.40	4.41	1.68	1.30	1.61	1.24	1.62	1.25
Met+Cys	2.20	3.86	1.19	0.68 ¹	1.14	0.65 ¹	1.09	0.62 ¹
Phe+Tyr	3.80	5.65	1.32	0.89	1.24	0.84	1.26	0.85
Thr	2.50	2.92	1.21	1.04	1.13	0.97	1.14	0.97
Val	3.10	4.10	1.03 ¹	0.78 ²	0.97 ¹	0.73 ²	0.98 ¹	0.74 ²
EAAI			90.75		85.74		86.04	

注: 1: 第一限制性氨基酸; 2: 第二限制性氨基酸

Note: 1: First limiting amino acid; 2: Second limiting amino acid

表 5 玉筋鱼脂肪酸组成测定结果(以干基计, mg/g)

Tab.5 Fatty acid composition of *A. personatus*
(in dry basis, mg/g)

脂肪酸 Fatty acid	含量 Content		
	小规格 Small	中规格 Middle	大规格 Large
C10:0	0.01±0.01 ^b	0.06±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a
C12:0	0.11±0.03 ^c	0.18±0.09 ^b	0.27±0.05 ^a
C13:0	0.07±0.03 ^c	0.15±0.06 ^b	0.11±0.03 ^a
C14:0	9.35±0.12 ^c	13.90±0.17 ^b	16.82±0.13 ^a
C14:1	0.11±0.03 ^c	0.16±0.05 ^b	0.24±0.05 ^a
C15:0	1.43±0.04 ^b	1.95±0.02 ^a	2.10±0.08 ^a
C16:0	20.66±1.77 ^c	31.39±1.11 ^b	36.38±1.21 ^a
C16:1	10.99±0.21 ^c	20.30±0.33 ^b	28.03±0.27 ^a
C17:0	1.17±0.04 ^b	1.27±0.08 ^c	1.09±0.04 ^a
C18:0	8.77±0.11 ^c	10.98±0.14 ^b	11.71±0.21 ^a
C18:1n9c	15.65±0.27 ^c	28.58±0.33 ^b	33.58±0.41 ^a
C18:2n6c	3.25±0.03 ^c	4.00±0.03 ^b	3.66±0.02 ^a
C20:0	0.59±0.01 ^a	0.56±0.01 ^a	0.61±0.01 ^a
C18:3n6	0.33±0.01 ^a	0.27±0.03 ^b	0.33±0.01 ^a
C18:3n3	4.80±0.04 ^b	5.01±0.11 ^c	4.04±0.21 ^a
C20:1	1.01±0.07 ^c	4.68±0.08 ^b	15.17±0.21 ^a
C20:2	0.50±0.01 ^b	0.66±0.01 ^a	0.68±0.02 ^a
C20:3n6	0.41±0.01 ^a	0.17±0.01 ^c	0.38±0.02 ^b
C20:3n3	0.56±0.02 ^b	0.69±0.03 ^a	0.70±0.05 ^a
C22:1n9	1.44±0.06 ^c	7.28±0.23 ^b	22.32±0.39 ^a
C20:4n6	0.28±0.01 ^c	1.04±0.01 ^b	1.94±0.02 ^a
C20:5n3	21.51±1.51 ^c	31.75±2.76 ^b	34.48±1.41 ^a
C24:0	0.26±0.03 ^b	0.24±0.07 ^b	0.17±0.01 ^a
C24:1	2.61±0.03 ^c	4.03±0.41 ^b	4.57±0.23 ^a
C22:6n3	51.86±1.55 ^c	67.12±2.43 ^b	63.18±1.27 ^a
饱和脂肪酸总量 ΣSFA	41.71±2.19 ^c	60.68±1.76 ^b	69.31±1.78 ^a
单不饱和脂肪酸 总量ΣMUFA	31.81±0.67 ^c	65.03±1.43 ^b	103.91±1.56 ^a
多不饱和脂肪酸 总量ΣPUFA	83.17±3.19 ^b	110.71±5.42 ^c	109.39±3.03 ^a

和 31.81 mg/g, 中规格玉筋鱼中 PUFA、SFA、MUFA 含量分别为 110.71、60.68 和 65.03 mg/g, 大规格玉筋鱼中 PUFA、SFA、MUFA 含量分别为 109.39、69.31 和 103.91 mg/g, 中规格样品的 SFA 和 MUFA 含量较为接近, 大规格样品中 MUFA 和 PUFA 含量较为接近。3 种不同规格玉筋鱼 PUFA 均以 C20:5 n3 (EPA)和 C22:6 n3 (DHA)为主, 小规格样品中 EPA 和 DHA 含量分别占 PUFA 的 25.86%和 62.35%, 中规格样品中 EPA 和 DHA 含量分别占 28.68%和 60.63%, 大规格样品中 EPA 和 DHA 含量分别占 31.52%和 57.76%, EPA 具有预防心血管疾病、降血压、显著降低动脉粥样硬化等功能, DHA 俗称“脑黄金”, 对人类智力和视力发育至关重要(施永海等, 2013); 在 MUFA 中, C18:1 n9c 和 C16:1 含量均较高; SFA 以 C14:0、C16:0 和 C18:0 为主, 这与鳙鱼(*Aristichthys nobilis*) (刘飞等, 2017)、大目金枪鱼(*Thunnus obesus*) (刘书臣等, 2013)、三文鱼(*Salmon salar*)等(刘延岭等, 2011; 苏红等, 2019)的研究结果较为相似。

2.5 无机元素分析结果

无机元素的分析结果如表 6 所示。在玉筋鱼常量元素中, Na 的含量最高, 其次是 K、Mg 和 P。Na 和 K 元素对调节渗透压、维持酸碱平衡和神经肌肉兴奋性有重要作用(刘书臣等, 2013)。Mg 元素是多种酶的激活剂, 可以调节 Na 和 K 分布, 有维持骨骼生长的作用。P 元素可与 Ca 结合构成骨骼和牙齿, 也可参与物质代谢, 维持机体的酸碱平衡。

微量元素中, Zn 和 Fe 的含量最高, 这 2 种元素也是人体需求量最多的微量元素。Fe 在氧气运输、细胞生长和神经递质合成方面均发挥重要作用。Zn 是多种酶的重要组成部分, 能刺激金属硫蛋白和核酸

的合成,与智力发育密切相关(刘胜男等,2019)。

Pb、As、Cd、Hg 和 Cr 是具有潜在毒性的痕量元素,摄入过量的 As 和 Cd 会增加人体致癌的风险,摄入过量的 Hg 则会出现神经异常、齿龈炎及震颤等症状(赵玲等,2016)。Pb 重症中毒者会产生严重的肝损害,Cr⁶⁺可以通过呼吸道、消化道、皮肤黏膜等侵入人体,使人慢性中毒,造成肝、肾、神经系统、血液系统的病变,但当它们摄入量较低时,也可能成为对人体有益的微量元素(杨晓光等,2017)。表 6 结果显示,3 种不同规格样品中 5 种有害元素的含量均符合 GB 2762-2017 中关于重金属限量(Pb 0.5 mg/kg;无机砷 0.1 mg/kg;Cd 0.1 mg/kg;甲基汞 0.5 mg/kg;Cr 2.0 mg/kg)的相关要求,其中,Pb、Hg 和 Cr 元素的含量远均低于国标要求。

表 6 玉筋鱼无机元素含量测定结果(以干基计)

Tab.6 Mineral element contents in muscles of *A. personatus* (in dry basis)

无机元素 Inorganic elements	含量 Content			
	小规格 Small	中规格 Middle	大规格 Large	
常量元素 Constant elements (g·kg ⁻¹)	Na	1.54±0.10 ^a	0.82±0.07 ^b	0.63±0.4 ^c
	Mg	0.18±0.03 ^b	0.14±0.01 ^b	1.13±0.03 ^a
	P	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a
	K	0.39±0.02 ^a	0.43±0.03 ^a	0.43±0.01 ^a
微量元素 Trace elements (mg·kg ⁻¹)	Zn	47.00±0.31 ^a	45.00±0.17 ^b	40.80±0.22 ^c
	Cu	4.30±0.06 ^a	3.40±0.07 ^b	3.00±0.12 ^c
	Mo	0.20±0.01 ^a	0.08±0.01 ^b	0.05±0.01 ^b
	Fe	31.50±0.41 ^a	27.40±0.27 ^c	29.50±0.15 ^b
	Co	0.10±0.01 ^a	0.07±0.01 ^b	0.04±0.01 ^c
	有害元素 Harmful elements (μg·kg ⁻¹)	Pb	25.00±0.57 ^c	26.40±0.39 ^b
As		65.20±1.74 ^b	94.80±1.77 ^a	92.00±1.7 ^a
Cd		55.00±2.7 ^a	55.40±1.65 ^a	50.70±1.34 ^b
Hg		3.10±0.04 ^b	2.00±0.06 ^c	4.00±0.03 ^a
Cr		82.50±2.45 ^c	87.10±3.97 ^b	103.90±3.22 ^a

3 结论

玉筋鱼作为黄、渤海海域一种重要的中上层渔业生物资源,有较高的食用价值和开发前景,但目前对其营养评价方面的研究较少。结果显示,不同规格玉筋鱼肌肉在基本营养组成上有显著性差异($P<0.05$)。玉筋鱼(湿基)规格越小,肌肉中水分、灰分、粗蛋白含量越高,粗脂肪含量越低,其中,水分和粗脂肪的变化最为明显,同时,水解氨基酸和必需氨基酸含量

也越高;3 种样品均符合 FAO/WHO 推荐的蛋白营养的理想模式。根据 AAS 分析结果可知,玉筋鱼的第一限制性氨基酸为缬氨酸,第二限制性氨基酸为异亮氨酸;根据 CS 评分可知,其第一限制性氨基酸为含硫氨基酸(Met+Cys),第二限制性氨基酸为缬氨酸;根据 EAAI 值可知,小规格玉筋鱼的营养价值最高。

3 种不同规格样品均检出 10 种 SFA、6 种 MUFA 和 9 种 PUFA,其中,PUFA 含量最高,分别为 53.08%、46.83%和 38.71%,MUFA 占比分别为 20.30%、27.51%和 36.77%,SUFA 占比分别为 26.62%、25.67%和 24.52%,玉筋鱼的规格越大,EPA 占比 PUFA 的比例越高,DHA 占比越低。玉筋鱼富含人体所需的多种常、微量元素,常量元素中 Na 和 K 元素含量最高,微量元素中 Fe 和 Zn 的含量较高,同时,3 种样品均检测出 Pb、As、Cr、Hg 和 Cd 5 种有害元素,但含量均符合相关要求。

参 考 文 献

- CHEN C H, TANG M Z. Resources and fisheries of *Ammodytes personatus* in the Yellow Sea. *Marine Fisheries*, 2000, 22(2): 71-72 [陈昌海, 唐明芝. 黄海的玉筋鱼资源及其渔业. 海洋渔业, 2000, 22(2): 71-72]
- CHI H Y, LI W Y, LI L L, *et al.* Determination of heavy metal elements in ginseng by ICP-MS. *Jilin Journal of Traditional Chinese Medicine*, 2018, 38(8): 954-957 [迟鸿悦, 李文影, 李乐乐, 等. ICP-MS 法测定人参中 6 种重金属元素. 吉林中医药, 2018, 38(8): 954-957]
- DU Q, WANG Y Y, ZENG S, *et al.* Comparison of meat content and muscle nutrients of three different specifications of hybrid sturgeon. *China Feed*, 2017(24): 15-19 [杜强, 王艳艳, 曾圣, 等. 三种不同规格杂交鲟含肉率及肌肉营养成分比较. 中国饲料, 2017(24): 15-19]
- HAN Z Q. Molecular phylogeography of three marine fishes. Master's Thesis of Ocean University of China, 2008 [韩志强. 三种海洋鱼类分子系统地理学研究. 中国海洋大学硕士研究生学位论文, 2008]
- HASHIMOTO H. Population structure of the sandeel (*Genus ammodytes*) around Japan. *Bulletin of the Japanese Society of Entific Fisheries*, 1984
- HONG Z Z, ZHANG C, TIAN Y J, *et al.* Interannual variation in biological characteristics of sand lance (*Ammodytes personatus*) in the Yellow Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020, 27(6): 701-708 [洪泽洲, 张弛, 田永军, 等. 黄海玉筋鱼生物学特性的年际变化. 中国水产科学, 2020, 27(6): 701-708]
- LIU F, MENG Y L, HAN Z Q, *et al.* Analysis and evaluation of nutrient components in muscle of red bighead carp and

- Aristichthys nobilis*. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(2): 101–106 [刘飞, 孟昱林, 韩志琦, 等. 金鲮和黑鲮的肌肉营养成分分析及评价. *淡水渔业*, 2017, 47(2): 101–106]
- LIU S C, LI R W, LIAO M T, *et al.* Nutritional components analysis and quality evaluation of different muscle parts of bigeye tuna. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(23): 340–343 [刘书臣, 李仁伟, 廖明涛, 等. 大目金枪鱼不同部位肌肉的营养成分分析与评价. *食品工业科技*, 2013, 34(23): 340–343]
- LIU S N, CAO R, ZHAO L, *et al.* Analysis on nutrients of *Isostichopus fuscus*. *Journal of Food Safety and Quality Testing*, 2019, 10(8): 187–191 [刘胜男, 曹荣, 赵玲, 等. 暗色等刺参(*Isostichopus fuscus*)营养成分分析. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(8): 187–191]
- LIU Y L, DENG L. Comparison of the nutritional components in muscles of Norway salmon and artificial breeding salmon. *Food and Fermentation Technology*, 2011, 47(6): 84–86 [刘延岭, 邓林. 养殖三文鱼与挪威三文鱼营养成分的比较分析. *食品与发酵科技*, 2011, 47(6): 84–86]
- MA S S, CUI Y, LI Q F, *et al.* Fisheries resources and lancelet (*Branchiostoma belcheri* Gary) abundance survey assessment and their perch environment protection in the Nansha waters of Jiaozhou Bay outside. *Marine Fisheries Research*, 2003, 24(3): 10–14 [马绍赛, 崔毅, 李秋芬, 等. 胶州湾外南沙水域渔业资源与文昌鱼数量调查评估及其栖息环境保护. *海洋水产研究*, 2003, 24(3): 10–14]
- MOHANTY B, MAHANTY A, GANGULY S, *et al.* Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of Amino Acids*, 2014(3): 269797
- SHI Y H, ZHANG G Y, LIU Y S, *et al.* Comparison of muscle nutrient composition between wild and cultured sword prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*). *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37(5): 768–776 [施永海, 张根玉, 刘永士, 等. 野生及养殖哈氏仿对虾肌肉营养成分的分析与比较. *水产学报*, 2013, 37(5): 768–776]
- SONG H M, QU Z W, WANG X J, *et al.* Analysis and assessment for nutritional components of the muscle of *Datnioides pulcher*. *Progress in Fishery Sciences*, 2020, 41(5): 177–184 [宋红梅, 屈政委, 汪学杰, 等. 印尼拟松鲷肌肉营养成分分析与评价. *渔业科学进展*, 2020, 41(5): 177–184]
- SU H, LI Y X, QIAN X L, *et al.* Nutrition analysis and quality evaluation of *Aristichthys nobilis*, *Thunnus obesus* and *Salmon salar* head. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(17): 212–217, 224 [苏红, 李雨欣, 钱雪丽, 等. 鲮鱼、金枪鱼和三文鱼鱼头的营养分析与品质评价. *食品工业科技*, 2019, 40(17): 212–217, 224]
- SUN Y, YU M, ZHANG X M, *et al.* Food consumption and ecological conversion efficiency of a marine small-size fish, *Ammodytes personatus*, determined in laboratory. *Marine Fisheries Research*, 2004, 25(1): 41–47 [孙耀, 于森, 张秀梅, 等. 室内模拟条件下的胃含物法测定玉筋鱼摄食与生态转换效率. *海洋水产研究*, 2004, 25(1): 41–47]
- TANG M Z, LIAN D J, MU K Q. Analysis of the status quo of development and utilization of *Ammodytes personatus* resources. *Marine Fisheries*, 2003, 25(4): 192–220 [唐明芝, 连大军, 慕康庆. 玉筋鱼资源开发利用现状分析. *海洋渔业*, 2003, 25(4): 192–220]
- WANG X F, GU H X, GUO Q L, *et al.* Nutritional composition analysis of marincultured and fresh-water cultured *Scylla serrata*. *Food Science*, 2010, 31(23): 386–390 [王雪峰, 顾鸿鑫, 郭倩琳, 等. 海水和淡水养殖锯缘青蟹的营养成分分析. *食品科学*, 2010, 31(23): 386–390]
- WANG X L. Population genetic variation and adaptive evolution of *Ammodytes personatus*. Master's Thesis of Zhejiang Ocean University, 2017 [王秀亮. 玉筋鱼群体遗传多样性及其适应进化研究. 浙江海洋大学硕士研究生学位论文, 2017]
- XU G F, WANG Y Y, BAI Q L, *et al.* Analysis on nutrient compositions and nutritional quality of *Lota lota* (Linnaeus) muscle. *Animal and Feed Science*, 2014(4): 197–200
- YANG X G, SUN C H, CHENG Y Y, *et al.* WS/T 578.3-2017 “Reference intake of dietary nutrients for Chinese residents, part 3: Trace elements”. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, 2017 [杨晓光, 孙长灏, 程义勇, 等. WS/T 578.3-2017《中国居民膳食营养素参考摄入量 第 3 部分: 微量元素》. 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 2017]
- ZHANG H, DAI W X, ZHANG Y, *et al.* Comparative study on morphological and biological characters of two sand lances. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, 18(1): 83–88 [张辉, 戴伟湘, 张岩, 等. 两种玉筋鱼形态学与生物学特征比较. *中国水产科学*, 2011, 18(1): 83–88]
- ZHAO L, MA H W, CAO R, *et al.* Analysis of nutritional component in 10 kinds of sea cucumbers. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2016, 7(7): 2867–2872 [赵玲, 马红伟, 曹荣, 等. 10 种海参营养成分分析. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(7): 2867–2872]

(编辑 陈 辉)

Nutritional Composition Analysis and Quality Evaluation of Different Sizes of *Ammodytes personatus*

LIU Shengnan¹, WANG Shanyu^{1,2}, CAO Rong¹, ZHAO Ling¹, LIU Qi^{1①}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, Shandong 266071, China;
2. Jiangsu Ocean University, Lianyungang, Jiangsu 222005, China)

Abstract To determine the nutritional value of three different sizes of *Ammodytes personatus*, basic nutrient, amino acid, fatty acid, and inorganic element composition were systematically analyzed. The results showed that the lower the weight of *A. personatus*, the higher the content of moisture, ash, and crude protein and the lower the content of crude fat. Glutamate, aspartate, lysine, and leucine were the most abundant among the 17 kinds of alternative amino acids in *A. personatus*. The lower the sample weight, the higher the total amount of hydrolyzed and essential amino acids. According to the result of amino acid scoring (AAS) analysis, the first limiting amino acid of *A. personatus* was valine, and the second limiting amino acid was isoleucine. According to the result of chemistry scoring (CS) analysis, the first limiting amino acids were sulfur-containing amino acids (Met+Cys), and the second limiting amino acid was valine; the essential amino acid indices were 90.75, 85.74, and 86.04, respectively. The fatty acid compositions of the samples with different specifications were significantly different. According to the three samples of small, medium and large weight, saturated fatty acid contents were 41.71 mg/g, 60.68 mg/g, and 69.31 mg/g respectively; monounsaturated fatty acid contents were 31.81 mg/g, 65.03 mg/g, and 103.91 mg/g respectively; and polyunsaturated fatty acids (PUFA) contents were 83.17 mg/g, 110.71 mg/g, and 109.39 mg/g respectively. The larger the specification, the higher the proportion of eicosapentaenoic acid and the lower the proportion of docosahexaenoic acid in PUFA. *A. personatus* was found to be rich in a variety of inorganic elements needed by the human body; the contents of Na and K were the highest among the major elements, and the contents of Fe and Zn were the highest among the trace elements. This study have shown that *A. personatus* is a high-quality fish with high nutritional value and delicious taste.

Key words *Ammodytes personatus*; Size; Nutrition composition; Quality evaluation

① Corresponding author: LIU Qi, E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn