

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20171114002

http://www.yykxjz.cn/

张学超, 刘小芳, 邱阿敏, 侯钦帅, 冷凯良, 高华. 南极磷虾及其制品中总砷含量的分析方法研究. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 180-184

Zhang XC, Liu XF, Qiu AM, Hou QS, Leng KL, Gao H. Study on the analytical method of total arsenic content in Antarctic krill (*Euphausia superba*) and its related products. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(6): 180-184

南极磷虾及其制品中总砷含量的分析方法研究*

张学超^{1,2} 刘小芳² 邱阿敏³ 侯钦帅^{1,2} 冷凯良^{2①} 高华¹

(1. 青岛大学药学院制药工程系 青岛 266021; 2. 农业农村部极地渔业开发重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 3. 青岛大学公共卫生学院 青岛 266021)

摘要 本研究比较了电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)、氢化物发生原子荧光光谱法(HG-AFS)以及银盐法测定南极磷虾(*Euphausia superba*)及其不同形式制品总砷含量的适用性, 并采用确定的检测方法对南极磷虾冻虾、南极磷虾粉和市售不同品牌南极磷虾油中的总砷含量进行了系统测定。结果显示, 采用 ICP-MS 法、HG-AFS 法及银盐法检测南极磷虾及其制品中的总砷含量, 3 种方法的加标回收率分别达到 100.26%~110.48%、82.68%~98.50%和 89.64%~94.89%, RSD 均小于 5%。3 种国标方法对于南极磷虾及其相关制品的测定结果基本一致, 但与银盐法相比, ICP-MS 法、HG-AFS 法操作复杂, 仪器昂贵。因此, 银盐法可作为快速测定南极磷虾及其制品中总砷含量的首选方法。采用银盐法测得南极磷虾冻虾、虾粉和虾油中总砷含量分别为 0.44~0.45 mg/kg、1.04~1.91 mg/kg、0.52~5.50 mg/kg。加快建立南极磷虾及其制品中无机砷定量及砷形态分析技术对于科学认识南极磷虾砷的安全性至关重要。

关键词 南极磷虾; 总砷; ICP-MS; HG-AFS; 银盐法

中图分类号 TS207.3 文献标识码 A 文章编号 2095-9869(2018)06-0180-05

南极磷虾(*Euphausia superba*)是目前南大洋最大的单种生物资源, 生物储量可达 6.5~10 亿 t (刘丽等, 2010)。南极磷虾富含蛋白质、人体所必需的全部氨基酸及钙、钾、镁、锶等多种矿质元素, 同时还含有虾青素、磷脂、EPA/DHA 等 n-3 系列多不饱和脂肪酸等海洋活性成分(龚洋洋等, 2013; 卢坤俊等, 2013; 欢休, 2013), 营养价值极高, 已成为世界远洋捕捞业最重要的开发对象之一(聂玉晨等, 2016; 袁玥等, 2012; 朱国平, 2011; 黄婧, 2014)。目前, 南极磷虾制品形式主要有虾粉、虾油、虾肉、虾糜等(郑晓伟等,

2013; 贺瑞坤等, 2013; 黄洪亮等, 2007), 产品形式不断丰富, 加工产业发展迅猛(陈雪忠等, 2009; Grijalba *et al*, 2016)。作为近年来新开发的远洋生物资源, 关于南极磷虾及其制品的安全性研究尚不多见, 相关研究亟待开展(严俊丽等, 2016)。

砷是一种类金属元素, 在自然界中广泛存在 (Maher *et al*, 2016; 刘守廷等, 2013; Williams *et al*, 2009)。砷元素的毒性与其存在形态密切相关(董丽臻等, 2015; Escudero *et al*, 2013), 无机砷具有致癌毒性, 有机砷通常被认为是低毒或无毒的(Sele *et al*, 2015;

* 中国水产科学研究院基本科研业务费专项课题(2016HY-ZD0902)和农业农村部南极海洋生物资源开发利用项目(2017)共同资助[This work was supported by Special Scientific Research Funds for Central Non-Profit Institutes, Chinese Academy of Fishery Sciences (2016HY-ZD0902), and Special Finance Funds of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Project for Exploitation and Utilization of Antarctic Marine Biological Resources (2017)]. 张学超, E-mail: zhangxuechao2015@163.com

① 通讯作者: 冷凯良, 研究员, E-mail: lengkl@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2017-11-14, 收修改稿日期: 2017-12-08

Rodriguez *et al.*, 2009)。以砷化合物的半数致死量 LD₅₀ 计, 其毒性从大到小依次为亚砷酸根 As(III)>砷酸根 As(V)>一甲基砷 MMA>二甲基砷 DMA>砷胆碱 AsC>砷甜菜碱 AsB(王松等, 2016)。总砷含量的测定可为产品质量控制与监管提供依据。目前, 关于南极磷虾及其制品中砷含量及检测技术的研究较少, 戚平等(2011)对氢化物发生原子荧光光谱法(HG-AFS)在南极磷虾粉总砷含量测定的前处理方法做了讨论, 王松等(2016)用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)对南极磷虾油中的总砷做了研究。目前, 尚未有研究对比国标中规定的总砷含量测定方法在南极磷虾及其制品中的适用性, 同时也未见南极磷虾及其不同形式制品总砷含量的系统分析报道。

目前, GB/T5009.11-2014《食品安全国家标准 食品中总砷以及无机砷的测定》对于食品中总砷的测定方法进行了标准化规定, 其中包括电感耦合和等离子体质谱(ICP-MS)、氢化物发生原子荧光光谱(HG-AFS)及银盐法 3 种方法。这 3 种方法均可针对南极磷虾及其相关制品进行总砷含量的分析检测, 但由于这 3 种方法的前处理方式及检测条件具有较大差异, 3 种方法定量限、检出限、线性范围均不相同, 各有利弊。ICP-MS 法的检出限为 0.003 mg/kg, 定量限为 0.010 mg/kg; HG-AFS 法的检出限为 0.010 mg/kg, 定量限为 0.040 mg/kg; 银盐法的检出限为 0.2 mg/kg, 定量限为 0.7 mg/kg。因此, 针对南极磷虾及其制品中的适用性也不尽相同。本研究对比了 3 种方法分析南极磷虾冻虾、虾粉及虾油总砷含量的适用性, 旨在确定快速测定南极磷虾及其制品中总砷含量的首选方法, 以期为南极磷虾实际生产加工与相关产品市场监管提供技术指导。南极磷虾及其产品中砷含量的检测以及控制是南极磷虾市场发展的关键科学问题, 确定准确便捷的总砷含量的分析技术, 对于南极磷虾产业健康发展和市场监管具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验仪器 电感耦合等离子体质谱 ICP-MS(美国 Aglient700X); 氢化物发生原子荧光光谱 HG-AFS(北京普析公司); UV-2000 紫外分光光度计(尤尼克仪器有限公司); Milliplus 2150 超纯水处理系统(美国 Millipore 公司); FA1004N 电子天平(上海民侨精密科学仪器有限公司); KQ-500DE 型超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司); 微波消解仪(上海新仪仪器公司); 电炉(龙口市电炉制造厂); 组织匀浆器

(上海标本模型厂); 马弗炉(龙口市电炉制造厂)。

1.1.2 实验材料 硝酸、过氧化氢、氢氧化钠、氢氧化钾、硼氢化钾、盐酸、硫酸、高氯酸等均为分析纯; 三氧化二砷, 纯度≥99.5%。

南极磷虾由“南极海洋生物资源开发与利用”项目组于 2015 年 5 月和 2016 年 5 月捕捞自南极 FAO 48.1 区, 捕捞后迅速冷冻, 保证虾块中心温度低于 -20℃ 条件下储藏运输至实验室后, 贮藏于 -80℃ 冰箱中备用。

市售不同品牌南极磷虾粉 9 个、南极磷虾油样品 9 个均由山东青岛南极维康生物科技有限公司协助搜集提供。

1.2 检测方法

1.2.1 电感耦合和等离子体质谱法 按照 GB/T5009.11-2014 食品安全国家标准《食品中总砷以及无机砷的测定》第一篇第一法规定执行。

1.2.2 氢化物发生原子荧光光谱法 按照 GB/T5009.11-2014 食品安全国家标准《食品中总砷以及无机砷的测定》第一篇第二法规定执行。

1.2.3 银盐法 按照 GB/T5009.11-2014 食品安全国家标准《食品中总砷以及无机砷的测定》第一篇第三法规定执行。

1.3 数据统计与分析

数据表示为平均数±标准差(Mean±SD), 采用 SPSS 20.0 软件进行方差分析, 不同检测方法组间采用 One-way ANOVA(Tukey's test)进行两两比较分析, 以 $P<0.05$ 为具有统计学意义上的显著差异。

2 结果与分析

2.1 3 种国标方法测定南极磷虾及其制品总砷含量的适用性分析

对采用 ICP-MS 法、HG-AFS 法及银盐法测定南极磷虾冻虾、虾粉和虾油中的总砷含量的准确性和精密度进行了考察, 结果见表 1 和表 2。ICP-MS 法、HG-AFS 法及银盐法的加标回收率分别为 100.26%~110.48%、82.68%~98.50%、89.64%~94.89%, RSD($n=5$)均小于 5%。结果显示, 3 种方法对于南极磷虾冻虾、虾粉和虾油中的总砷含量的检测准确性和精密度良好, 均可考虑用于南极磷虾及其制品中总砷含量的测定。

对国标中 3 种方法测得的南极磷虾冻虾、虾油、虾粉的总砷数据进行显著性分析, 由表 2 可知, 3 种方法具有较好的一致性, 检测结果无显著性差异

表1 3种国标方法测定南极磷虾及其制品总砷含量的准确性
Tab.1 The accuracy of three national standard methods used in determining total arsenic contents in Antarctic krill and its related products

方法 Method	南极磷虾冻虾 Frozen Antarctic krill				南极磷虾粉 Antarctic krill powder				南极磷虾油 Antarctic krill oil			
	本底值 Back ground value (mg/kg)	加标量 Plus scalar (μ g)	加标结果 Spike results (μ g)	加标 回收率 Spike recovery (%)	本底值 Back ground value (mg/kg)	加标量 Plus scalar (μ g)	加标结果 Spike results (μ g)	加标 回收率 Spike recovery (%)	本底值 Back ground value (mg/kg)	加标量 Plus scalar (μ g)	加标结果 Spike results (μ g)	加标 回收率 Spike recovery (%)
ICP-MS	0.45	5	5.13	100.26	1.12	5	5.65	106.22	3.74	5	6.45	110.48
HG-AFS	0.43	5	5.36	98.50	0.79	5	5.24	88.80	3.58	10	12.49	82.68
银盐法 Silver salt method	0.45	5	5.03	91.58	1.04	5	5.50	89.64	3.97	10	18.41	94.89

表2 3种国标方法测定南极磷虾及其制品总砷含量的精密度
Tab.2 The precision of three national standard methods used in determining total arsenic contents in Antarctic krill and its related products

样品 Sample (n=5)	ICP-MS		HG-AFS		银盐 Silver salt method	
	总砷含量 Total arsenic (mg/kg)	RSD (%)	总砷含量 Total arsenic (mg/kg)	RSD (%)	总砷含量 Total arsenic (mg/kg)	RSD (%)
南极磷虾冻虾 Frozen Antarctic krill	0.45 \pm 0.01	1.22	0.43 \pm 0.02	3.54	0.45 \pm 0.02	4.70
南极磷虾粉 Antarctic krill powder	1.12 \pm 0.03	3.02	0.79 \pm 0.01	1.57	1.04 \pm 0.05	4.85
南极磷虾油 Antarctic krill oil	3.74 \pm 0.03	3.98	3.58 \pm 0.11	3.04	3.97 \pm 0.16	0.86

($P>0.05$)。与银盐法相比, ICP-MS 法和 HG-AFS 法前处理及反应过程复杂, 仪器昂贵, 因此, 银盐法可作为快速测定南极磷虾及其制品中总砷含量的首选方法。银盐法利用氧化镁以及硝酸镁的保护, 在 550 $^{\circ}$ C 的高温下将有机质彻底灰化, 使试样中所有的砷化合物转化为无机砷进行检测, 海产品中最主要的砷形态为有机砷, 所以, 在 550 $^{\circ}$ C 的高温下灰化处理可以使得南极磷虾中的有机砷完全转化为无机砷, 之后通过显色反应实现总砷的定量。

2.2 南极磷虾及其制品中总砷含量的测定

采用银盐法对 2 批次南极磷虾、9 批次南极磷虾粉和 9 个品牌南极磷虾油的总砷含量进行了系统测定, 结果见表 3。由表 3 可知, 南极磷虾冻虾、虾粉和虾油中的总砷含量分别为 0.44~0.45 mg/kg、1.04~1.91 mg/kg、0.52~5.50 mg/kg。GB2762-2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中对水产品及其制品中的总砷未做限定, 但对于无机砷规定应 \leq 0.5 mg/kg。海产品中砷主要以有机砷形式存在, 无机砷含量极低。本研究中, 南极磷虾冻虾的总砷含量 $<$ 0.5 mg/kg, 符合国标的规定, 但南极磷虾粉及虾油中总砷的含量高于国标限量, 进一步阐明南极磷虾粉及虾油中有机砷及无机砷的比例和含量至关重要。但由于南极磷虾脂质含量丰富, 且总脂中磷脂含量较高, 直接导致了无法采用国标方法进行南极磷虾粉及虾油中无机砷含量的测定。因此, 加快南极磷虾粉及虾

油中砷形态分析技术的建立, 是科学解释南极磷虾及其制品中砷的安全性问题的关键。

表3 南极磷虾及其制品总砷含量测定
Tab.3 The total arsenic contents in Antarctic krill and its related products (mg/kg)

样品 Sample	编号 Number	总砷含量 Total arsenic content	总砷含量范围 Range of total arsenic content
南极磷虾冻虾 Frozen Antarctic krill	1	0.45 \pm 0.01	0.44~0.45
	2	0.44 \pm 0.02	
南极磷虾粉 Antarctic krill powder	1	1.91 \pm 0.08	1.04~1.91
	2	1.54 \pm 0.03	
	3	1.67 \pm 0.03	
	4	1.63 \pm 0.05	
	5	1.50 \pm 0.02	
	6	1.15 \pm 0.03	
	7	1.04 \pm 0.04	
南极磷虾油 Antarctic krill oil	8	1.10 \pm 0.06	0.52~5.50
	9	1.45 \pm 0.04	
	1	0.52 \pm 0.01	
	2	3.28 \pm 0.05	
	3	1.43 \pm 0.06	
	4	1.80 \pm 0.03	
	5	5.50 \pm 0.03	
	6	3.74 \pm 0.02	
	7	3.59 \pm 0.03	
8	4.48 \pm 0.03		
9	3.40 \pm 0.02		

3 结论

GB/T5009.11-2014《食品安全国家标准 食品中总砷以及无机砷的测定》规定的 ICP-MS 法、HG-AFS 法及银盐法等 3 种方法, 在南极磷虾冻虾、虾粉和虾油样品总砷含量的测定中均具有较好的适用性, 方法加标回收率分别为 100.26%~110.48%、82.68%~98.50% 和 89.64%~94.89%, RSD($n=5$)均小于 5%。其中, 银盐法由于操作较为简单, 不依赖于大型仪器, 可作为快速测定南极磷虾及其制品中总砷含量的首选方法。

采用银盐法对搜集到的南极磷虾冻虾、虾粉和虾油样品总砷含量进行了测定, 其中, 南极磷虾冻虾样品的总砷含量为 0.44~0.45 mg/kg, 南极磷虾粉样品的总砷含量为 1.04~1.91 mg/kg, 南极磷虾油样品的总砷含量为 0.52~5.50 mg/kg。南极磷虾冻虾样品的砷含量符合 GB2762-2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》的限量规定。由于采用目前国标方法无法实现南极磷虾粉及虾油中无机砷含量的测定, 因此, 后期研究应加快建立南极磷虾粉及虾油中砷形态的分析技术, 以阐明南极磷虾粉及虾油中有机砷及无机砷的比例和含量。另外, 生产加工过程中砷含量控制技术, 特别是有机砷脱除技术的研发, 对于南极磷虾产业的发展同样至关重要。

参 考 文 献

- Chen XZ, Xu ZL, Huang HL. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(3): 451-458 [陈雪忠, 徐兆礼, 黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析. *中国水产科学*, 2009, 16(3): 451-458]
- Dong LZ, Cui H, Shan BT, *et al.* Analysis of 21 elements in Antarctic krill and its production by ICP-MS. *Farm Products Processing*, 2015(5): 34-37 [董丽臻, 崔鹤, 单宝田, 等. 电感耦合等离子体光谱法测定南极磷虾制品中 21 种元素. *农产品加工*, 2015(5): 34-37]
- Escudero LB, Martinis EM, Olsina RA, *et al.* Arsenic speciation analysis in mono-varietal wines by on-line ionic liquid-based dispersive liquid-liquid microextraction. *Food Chemistry*, 2013, 138(1): 484-490
- Gong YY, Huang YQ, Lu JX, *et al.* Nutritional quality and fluoride content of Antarctic krill meal for feed formulations in sturgeons. *Marine Fisheries*, 2013, 35(3): 349-357 [龚洋洋, 黄艳青, 陆建学, 等. 南极磷虾粉作为鲟鱼饲料蛋白源的营养和氟含量的分析. *海洋渔业*, 2013, 35(3): 349-357]
- Grijalba AC, Fiorentini EF, Martinez LD, *et al.* A comparative evaluation of different ionic liquids for arsenic species separation and determination in wine varieties by liquid chromatography-hydride generation atomic fluorescence spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2016, 1462: 44-54
- He RK, Luo HJ. Health benefits of Antarctic krill oil. *Food Research and Development*, 2013, 34(20): 130-133 [贺瑞坤, 罗海吉. 南极磷虾油对人类健康的作用. *食品研究与开发*, 2013, 34(20): 130-133]
- Huan X. The most successful species of life on Earth—Antarctic krill. *Ocean World*, 2013(12): 40-43 [欢休. 地球上最成功的生物物种——南极磷虾. *海洋世界*, 2013(12): 40-43]
- Huang HL, Chen XZ, Feng CL. Analysis of current status of Antarctic krill resources development. *Fisheries Modernization*, 2007, 34(1): 48-51 [黄洪亮, 陈雪忠, 冯春雷. 南极磷虾资源开发现状分析. *渔业现代化*, 2007, 34(1): 48-51]
- Huang J. Experimental research progress on krill oil for fatty liver prevention. *Fine and Specialty Chemicals*, 2014, 22(9): 20-22 [黄婧. 磷虾油防治脂肪肝的实验研究进展. *精细与专用化学品*, 2014, 22(9): 20-22]
- Liu L, Liu CC, Zhao Y, *et al.* Recent advances in the healthcare function and food safety of Antarctic krill. *Food Science*, 2010, 31(17): 443-447 [刘丽, 刘承初, 赵勇, 等. 南极磷虾的营养保健功效以及食用安全性评价. *食品科学*, 2010, 31(17): 443-447]
- Liu ST, Jiang TC, Li JM, *et al.* Determination of arsenic speciation in seafood by HPLC-AFS. *Chemical Analysis and Meterage*, 2013, 22(1): 11-14 [刘守廷, 蒋天成, 李健梅, 等. HPLC-AFS 联用测定海产品中砷的形态. *化学分析计量*, 2013, 22(1): 11-14]
- Lu KJ, Wu JK, Wang ZH, *et al.* Determination of heavy metals in Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(2): 64-67 [卢坤俊, 吴继魁, 汪之和, 等. 南极磷虾中重金属含量的测定. *食品工业科技*, 2013, 34(2): 64-67]
- Maher WA, Duncan E, Dilly G, *et al.* Arsenic concentrations and species in three hydrothermal vent worms, *Ridgeia piscesae*, *Paralvinella sulficola* and *Paralvinella palmiformis*. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2016, 116: 41-48
- Nie YC, Zhang B, Zhao XY, *et al.* Seasonal variation in lipids and protein content of Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(3): 1-8 [聂玉晨, 张波, 赵宪勇, 等. 磷虾(*Euphausia superba*)脂肪与蛋白含量的季节变化. *渔业科学进展*, 2016, 37(3): 1-8]
- Qi P, Zeng T. Affection of digestion methods on the determination of As in shrimp by hydride generation atomic fluorescence spectrometry. *Studies of Trace Elements and Health*, 2011, 28(6): 30-32 [戚平, 曾涛. 消解方式对氢化物原子荧光法测定虾粉中总砷的影响. *微量元素与健康研究*, 2011, 28(6): 30-32]
- Rodriguez IB, Raber G, Goessler W. Arsenic speciation in fish

- sauce samples determined by HPLC coupled to inductively coupled plasma mass spectrometry. *Food Chemistry*, 2009, 112(4): 1084–1087
- Sele V, Sloth JJ, Julshamn K, *et al.* A study of lipid- and water-soluble arsenic species in liver of Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) containing high levels of total arsenic. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2015, 30: 171–179
- Wang S, Li K, Cui H, *et al.* Quantitative analysis of total and different species of arsenic in oil of Antarctic krill (*Euphausia superba*). *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2016, 44(5): 767–772 [王松, Li Ke, 崔鹤, 等. 南极磷虾油中总砷含量及砷形态分析. *分析化学*, 2016, 44(5): 767–772]
- Williams G, West JM, Koch I, *et al.* Arsenic speciation in the freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark. *Science of the Total Environment*, 2009, 407: 2650–2658
- Yan JL, Chen SQ, Chang Q, *et al.* Evaluation of nutrition of Antarctic krill meal as dietary protein source for flatfishes. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(5): 74–82 [严俊丽, 陈四清, 常青, 等. 南极磷虾粉作为鳎形目鱼饲料蛋白源的营养价值评价. *渔业科学进展*, 2016, 37(5): 74–82]
- Yuan Y, Li XY, Yang XS, *et al.* Analysis and comparison on the nutritional components of different Antarctic krill meals. *Marine Fisheries*, 2012, 34(4): 457–463 [袁玥, 李学英, 杨宪时, 等. 南极磷虾粉营养成分的分析与比较. *海洋渔业*, 2012, 34(4): 457–463]
- Zheng XW, Shen J, Cai SJ. Preliminary study on the peeling technology of Antarctic krill. *Marine Fisheries*, 2013, 35(1): 102–107 [郑晓伟, 沈建, 蔡淑君. 南极磷虾虾肉制取技术初步研究. *海洋渔业*, 2013, 35(1): 102–107]
- Zhu GP. Population biology of Antarctic krill *Euphausia superba* I—age, growth and mortality. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, 35(5): 862–868 [朱国平. 南极磷虾种群生物学研究进展 I—年龄、生长与死亡. *水生生物学报*, 2011, 35(5): 862–868]

(编辑 马瑾艳)

Study on the Analytical Method of Total Arsenic Content in Antarctic Krill (*Euphausia superba*) and Its Related Products

ZHANG Xuechao^{1,2}, LIU Xiaofang², QIU Amin³, HOU Qinshuai^{1,2}, LENG Kailiang^{2①}, GAO Hua¹

(1. School of Pharmacy, Pharmaceutical Engineering Department, Qingdao University, Qingdao 266021; 2. Key Laboratory of Sustainable Development of Polar Fishery, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 3. School of Public Health, Qingdao University, Qingdao 266021)

Abstract The applicability of three national standard methods including inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), hydride generation atomic fluorescence spectrometry (HG-AFS), and silver salt method used to determine total arsenic content in Antarctic krill (*Euphausia superba*) and its related products were evaluated in this study. The accuracy of the ICP-MS, HG-AF, and silver salt methods were 100.26%~110.48%, 82.68%~98.50%, and 89.64%~94.89%, respectively, and the RSD was less than 5% in all cases. The results of the three national standard methods were consistent. However, compared with the silver salt method, the ICP-MS and HG-AFS methods were complicated and expensive. Therefore, the silver salt method could be chosen as a quick method for determining the total arsenic content in Antarctic krill and its related products. The content of total arsenic in Antarctic krill, Antarctic krill powder, and Antarctic krill oil were 0.44~0.45 mg/kg, 1.04~1.91 mg/kg, and 0.52~5.50 mg/kg, respectively. To accelerate the establishment of methods to evaluate arsenic morphology and estimate inorganic arsenic quantitatively in Antarctic krill and its related products will be important in the future.

Key words Antarctic krill (*Euphausia superba*); Total arsenic; ICP-MS; HG-AFS; Silver salt method

① Corresponding author: LENG Kailiang, E-mail: lengkl@ysfri.ac.cn