

# 液相色谱-电感耦合等离子体质谱法测定 水产品中的4种形态汞

冯睿<sup>1,2</sup>, 佟岩<sup>1</sup>, 金婉芳<sup>1</sup>, 马明<sup>1,2\*</sup>, 杨小爽<sup>1</sup>, 陈树兵<sup>1,2</sup>, 陈先锋<sup>1,2</sup>,  
陈建国<sup>1,2</sup>, 彭锦峰<sup>3</sup>

(1. 宁波检验检疫科学技术研究院, 宁波 315000; 2. 宁波海关技术中心, 宁波 315012;  
3. 西安交通大学食品装备工程与科学学院, 西安 710049)

**摘要:** **目的** 建立一种微波萃取-高效液相色谱分离-电感耦合等离子体质谱法(high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry, HPLC-ICP/MS)测定水产品中无机汞(inorganic mercury, IMC)、甲基汞(methyl mercury, MMC)、乙基汞(ethyl mercury, EMC)和苯基汞(phenyl mercury, PMC)的方法。**方法** 样品经25%四甲基氢氧化胺微波萃取后,用流动相定容,0.45 μm微孔滤膜过滤后备用。样品经反相色谱柱分离,ICP/MS检测。**结果** 4种形态的汞在质量浓度0.5~20 ng/mL的范围内呈线性关系,虾仁样品在0.01、0.02、0.2 mg/kg添加水平下的回收率为61.3%~113.7%;鲳鱼在0.01、0.02、0.5 mg/kg添加水平下回收率为60.8%~109.8%;金枪鱼在0.01、0.02、1.0 mg/kg添加水平下回收率为75.5%~115.9%,日内相对标准偏差小于8%,日间相对标准偏差小于10%;4种形态汞的检出限均为4 μg/kg。**结论** 该方法快速、准确、灵敏,适用于水产品中4种汞形态分析检测。

**关键词:** 液相色谱-电感耦合等离子体质谱法;汞;形态分析

## Determination of 4 forms of mercury in aquatic products by liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry

FENG Rui<sup>1,2</sup>, TONG Yan<sup>1</sup>, JIN Wan-Fang<sup>1</sup>, MA Ming<sup>1,2\*</sup>, YANG Xiao-Shuang<sup>1</sup>, CHEN Shu-Bing<sup>1,2</sup>,  
CHEN Xian-Feng<sup>1,2</sup>, CHEN Jian-Guo<sup>1,2</sup>, PENG Jin-Feng<sup>3</sup>

(1. Ningbo Academy of Science and Technology for Inspection and Quarantine, Ningbo 315000, China;  
2. Ningbo Custom Technical Center, Ningbo 315012, China; 3. School of Food Equipment Engineering and Science, Xi'an Jiao Tong University, Xi'an 710049, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the determination of inorganic mercury (IMC), methyl mercury (MMC), ethyl mercury (EMC), and phenyl mercury (PMC) in aquatic products by high performance liquid

**基金项目:** 中欧食品安全合作 H2020 EU-China-Safe 项目(2017YFE0110800)、宁波市创新团队(2015C110018)、宁波市公益性计划项目(2019C50032)、中华人民共和国海关总署科研项目(2019HK089)、宁波市自然科学基金项目(2017A610071)

**Fund:** Supported by the H2020 EU-China-Safe(2017YFE0110800), Ningbo Science and Technology Innovation Team (2015C110018), Ningbo Public Welfare Scientific Research Projects (2019C50032), Scientific Research Projects of Customs of the P.R.C.(2019HK089), and Natural Science Foundation of Ningbo (2017A610071)。

\*通信作者: 马明, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为分析化学。E-mail: tamaming@126.com

\*Corresponding author: MA Ming, Ph.D, Senior Engineer, Ningbo Custom Technical Center, Ningbo 315012, China. E-mail: tamaming@126.com

chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry (HPLC-ICP/MS). **Methods** After microwave extraction with 25% tetramethyl hydroxide, the samples were filtered by a 0.45  $\mu\text{m}$  microporous membrane using a mobile phase constant volume. The samples were separated by reversed-phase chromatographic column and detected by ICP/MS. **Results** The 4 forms of mercury showed linear relationships in the mass concentration range of 0.5–20 ng/mL. The recoveries of shrimp samples at the addition levels of 0.01, 0.02, and 0.2 mg/kg were 61.3%–113.7%, the recoveries of cod at the addition levels of 0.01, 0.02, and 0.5 mg/kg were 60.8%–109.8%; and the recoveries of tuna at the addition level of 0.01, 0.02 and 1.0 mg/kg were 75.5%–115.9%. The intraday relative standard deviations were less than 8%, and the intraday relative standard deviations were less than 10%. The limits of detection of 4 forms of mercury were all 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . **Conclusion** The method is rapid, accurate and sensitive, which is suitable for the analysis and detection of four kinds of mercury in aquatic products.

**KEY WORDS:** liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry; mercury; speciation analysis

## 0 引言

汞及其化合物是一类毒性很高的持久性有毒污染物, 主要以金属汞、无机汞和有机汞 3 种形式存在, 其毒性根据其存在形式的不同有所差异<sup>[1]</sup>, 其中有机汞的毒性远远高于无机汞。环境中的无机汞在微生物和化学变化作用下可以转变为有机汞<sup>[2]</sup>, 鱼体内 75%~95%的汞都是以甲基汞的形式存在, 处于食物链高端的鱼体内含汞的浓度可比其生活环境中的汞浓度高百万倍<sup>[3]</sup>, 因此水产品成为一般人群甲基汞暴露的主要来源<sup>[3-4]</sup>, 这也促使汞元素的分析由总汞含量分析向汞元素形态分析转换。

对于汞的形态分析, 最早始于 Westöb 建立的气相色谱(gas chromatography, GC)与电子捕获检测器(electron capture detector, ECD)联用测定甲基汞化合物的方法<sup>[5]</sup>。近年来, 元素的形态分析方法研究有了很大的发展, 各种色谱(包括气相色谱、液相色谱和离子色谱)及联用技术被广泛用于元素的价态或形态分析<sup>[6-11]</sup>, 常用的检测器主要有质谱检测器<sup>[6]</sup>、原子荧光检测器(atomic fluorescence spectrometry, AFS)<sup>[7]</sup>、原子吸收光谱仪(atomic absorption spectroscopy, AAS)<sup>[8]</sup>和电感耦合等离子体-质谱仪(inductively coupled plasma-mass spectrometry, ICP-MS)<sup>[9]</sup>等。其中 ECD 是最早使用的检测器, 由于其选择性差、基体干扰严重, 目前已很少使用; AAS 选择性高, 和气相色谱及液相色谱联用的接口相对比较简单, 但其对汞及其化合物分析的灵敏度较差, 不能满足痕量及超痕量分析。2016 年 3 月 21 日实施的 GB 5009.17—2014《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》<sup>[12]</sup>, 采用液相色谱-原子荧光光谱法对食品中的甲基汞进行测定, 该方法需要配备在线紫外消解系统, 且前处理方法需要过夜, 分析时间较长, 定量限在 25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。目前利用高效液相色谱-串联电感耦合等离子体质谱仪同时分离并检测无机汞、甲基汞、乙基汞和苯基汞含量的研究鲜有报道。

鉴于此, 本研究通过利用微波萃取技术提取水产品

中的无机汞和有机汞, 高效液相色谱-串联电感耦合等离子体质谱法同时分离检测水产品中的无机汞(inorganic mercury, IMC)、甲基汞(methyl mercury, MMC)、乙基汞(ethyl mercury, EMC)和苯基汞(phenyl mercury, PMC), 为常见水产品的食品安全检测提供了技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

LC-20A 高效液相色谱仪(日本 Shimadzu 公司); iCAP Qc 电感耦合等离子体质谱仪(美国 Thermofisher 公司); Nanowave 300 微波形态萃取仪(奥地利 Anton Paar 公司); Advance A10 超纯水仪(美国默克密理博公司); 0.45  $\mu\text{m}$  微孔滤膜(迪马科技有限公司)。

Hg<sup>2+</sup>标准溶液(标准物质, 1 mg/mL, 5% HNO<sub>3</sub> 介质, 国家钢铁材料测试中心); 氯化甲基汞、氯化乙基汞(标准物质, 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 迪马科技有限公司); 乙酸苯基汞(标准物质, 纯度 98%, 美国 ACROS ORGANICS 公司)。

甲醇(色谱纯, 迪马科技有限公司); 半胱氨酸(生化试剂)、四甲基氢氧化铵(生化试剂)、乙酸铵(分析纯)、氨水(分析纯)(国药集团化学试剂公司)。实验用水为 Mill-Q 超纯水。

虾仁、鲑鱼、金枪鱼实际样品均为市售。

### 1.2 溶液配制

标准储备液: 称取或量取一定量的各形态汞标准物质, 用甲醇配制质量浓度(以汞计)为 100 mg/L 的标准储备液, 4  $^{\circ}\text{C}$  冰箱保存备用。

缓冲液: 0.1% L-半胱氨酸-10 mmol/L 乙酸铵-氨水溶液: 称取 0.771 g 乙酸铵和 1.0 g L-半胱氨酸, 加入 900 mL 超纯水溶解, 用氨水调节 pH 至 6.0, 加水至 1000 mL。

标准工作溶液: 吸取 4 种汞的标准储备液各 10  $\mu\text{L}$  到 10 mL 容量瓶中, 配得混合标准工作溶液 0.1 mg/L。分别吸取混合标准工作液 0、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0 mL 于一组 10 mL 容量瓶中, 用 0.1% L-半胱氨酸-10 mmol/L

乙酸铵-氨水缓冲溶液定容至刻度,得到各种汞形态的质量浓度(以汞计)分别为 0.0、0.5、1.0、2.0、5.0、10.0、20.0 ng/mL 的混合标准溶液,使用时现配。

### 1.3 样品前处理

称取 0.5 g 试样(精确至 0.001 g)于 10 mL 微波形态萃取管中,加入 4 mL 25%四甲基氢氧化铵,置于微波形态萃取仪中 120 °C 萃取 10 min,萃取完毕后转置 15 mL 离心管中,以 0.1% L-半胱氨酸-10 mmol/L 乙酸铵-氨水溶液定容 10.0 mL,过 0.45 μm 有机相微孔滤膜上机。

### 1.4 仪器条件

#### 1.4.1 微波萃取条件

设定微波萃取方法参数,加热温度为 120 °C,加热时间 10 min。

#### 1.4.2 色谱条件

色谱柱: Agilent Eclipse XDB C<sub>18</sub> 柱(150 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: A 相甲醇, B 相 0.1% L-半胱氨酸-20 mmol/L 乙酸铵-氨水溶液; 梯度洗脱条件见表 1; 柱温: 30 °C; 进样量: 50.0 μL。

#### 1.4.3 质谱条件

功率: 1550 W; 雾化器: 同心雾化器; 冷却气流量: 14.0 L/min; 辅助气流量: 0.80 L/min; 采样深度: 5.0 mm; 采集质量数: Hg 202; Pt 采样锥和截取锥; 氧气加入量: 2.83%; 积分时间: 0.1 s; 载气: 氩气, 纯度 ≥ 99.999%; 蠕动泵转速 40 r/min。

表 1 液相色谱梯度洗脱条件

Table 1 Gradient elution conditions of liquid chromatography

时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%	流速/(mL/min)
0	8	92	1.0
1.0	8	92	1.0
2.0	50	50	1.0
5.0	50	50	1.0
6.0	8	92	1.0
10.0	8	92	1.0

## 2 结果与分析

### 2.1 萃取条件的优化

#### 2.1.1 萃取溶剂的选择

碱消解方法是萃取生物组织中汞化合物常用的样品前处理方法,本研究采用 25%KOH-甲醇溶液、25%四甲基氢氧化铵溶液和 40%四丁基氢氧化铵溶液做萃取溶剂,对鱼肉甲基汞标准物质进行微波萃取,结果发现采用 25%四甲基氢氧化铵溶液对样品进行萃取,样品萃取完全,分离时 4 种组分分离完全,峰型对称,因此实验选择 25%四甲基氢氧化铵溶液作为萃取溶剂。

#### 2.1.2 萃取时间的影响

本实验采用鱼肉样品加标,选择 25%四甲基氢氧化铵溶液作为萃取溶剂,固定萃取温度为 100 °C,考察了不同萃取时间对萃取率的影响,结果见图 1。4 种汞化合物的萃取效率在 10 min 内变化较小,随着萃取时间的进一步延长,EMC 和 PMC 2 种化合物略微降低,IMC 和 MMC 略有增加,经显著性分析,在萃取 5~20 min 内并无显著性差异,由于萃取时间达到 10 min 后,样品无残渣,考虑到快速检测的要求,因此实验中选择萃取时间为 10 min。

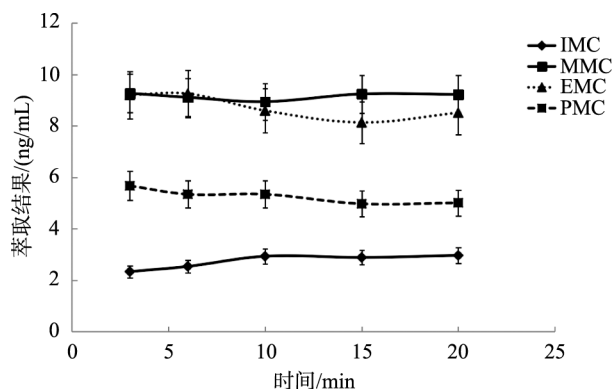


图 1 萃取时间对测定结果的影响(n=3)

Fig.1 Effect of extraction time on test results (n=3)

#### 2.1.3 萃取温度的影响

本实验采用鱼肉样品加标,选择 25%四甲基氢氧化铵溶液作为萃取溶剂,固定萃取时间为 10 min,分别考察了 60、80、100、120 °C 和 150 °C 对萃取率的影响,结果见图 2。从图 2 可以萃取温度变化对于 3 种有机汞萃取效率影响较小,但是对于无机汞而言,随着温度的升高,萃取结果迅速上升,当萃取温度到达 120 °C 时,萃取效率趋于稳定,因此实验中选择萃取温度为 120 °C。

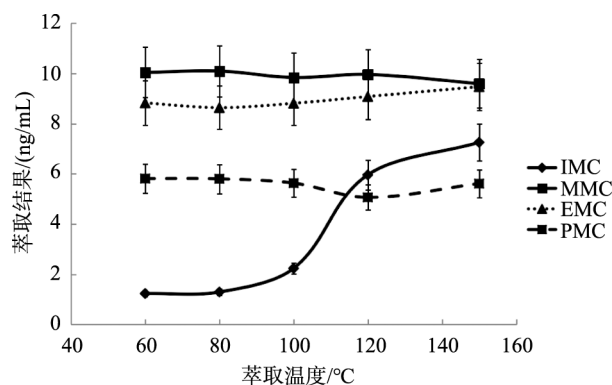


图 2 萃取温度对测定结果的影响(n=3)

Fig.2 Effect of extraction temperature on test results (n=3)

### 2.2 色谱条件的选择

#### 2.2.1 色谱柱的选择

有文献<sup>[13]</sup>报道采用 Agilent Zorbax Eclipse Plus C<sub>18</sub>、

Bonus-RP C<sub>18</sub>、Eclipse XDB C<sub>18</sub>柱均可较好的分离4种形态的汞,本实验在实验室的现有条件下,考察了Waters Sunfire和XBridge C<sub>18</sub>、Shiseido ACR C<sub>18</sub>、Agilent Eclipse XDB C<sub>18</sub>4种色谱柱,发现Agilent Eclipse XDB C<sub>18</sub>色谱柱可以在较短的时间内,较好地实现4种形态的汞的分离,并且峰型较好。因此本实验选择Agilent Eclipse XDB C<sub>18</sub>柱作为分离柱。

### 2.2.2 流动相的选择

#### (1) L-半胱氨酸的用量

L-半胱氨酸的加入,可以对汞化合物起到络合作用,从而在反相色谱柱上有所保留。L-半胱氨酸的加入量对分离的影响结果见图3。当不加入L-半胱氨酸时,4种形态的汞无法分离,谱图上出现单峰;当L-半胱氨酸用量较少时,汞的峰型很差,峰响应值较低而峰型较宽;随着L-半胱氨酸用量的增加,峰型有所改善,拖尾现象减弱,响应增强。但是L-半胱氨酸的加入对色谱柱损害较大,严重影响柱子的

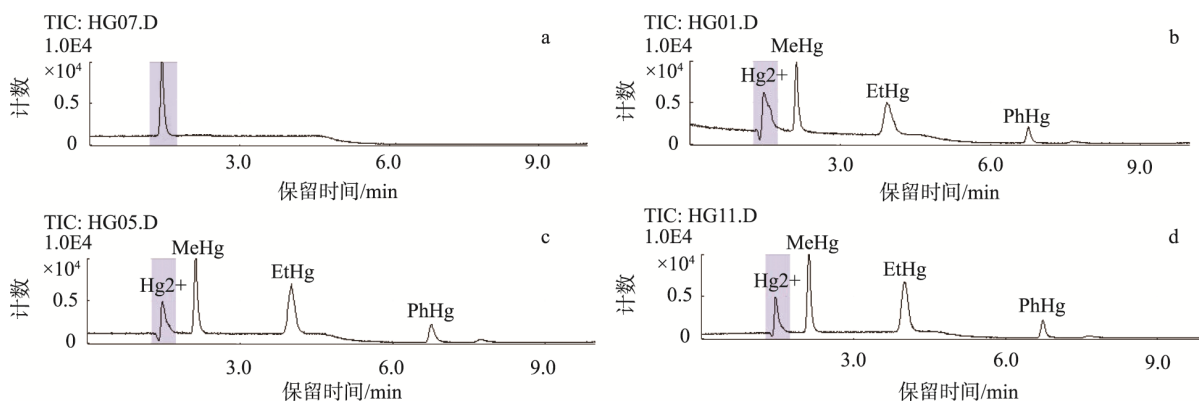
寿命,因此,综合考虑分离和保护色谱柱,实验选择流动相中L-半胱氨酸的用量为0.1%。

#### (2) 乙酸铵的浓度

实验考查了不同浓度的乙酸铵对分离的影响,结果见图4。图4表明,在流动相中加入少量的乙酸铵可以有效地改善峰型,减少峰展宽,这可能是由于Hg在色谱柱上有一定的吸附,加入乙酸铵后可以降低其次级保留,改善峰型。当乙酸铵质量浓度为20 mmol/L时,分离效果较好,离子强度适中,因此实验选择流动相中乙酸铵的质量浓度为20 mmol/L。

#### (3) pH的影响

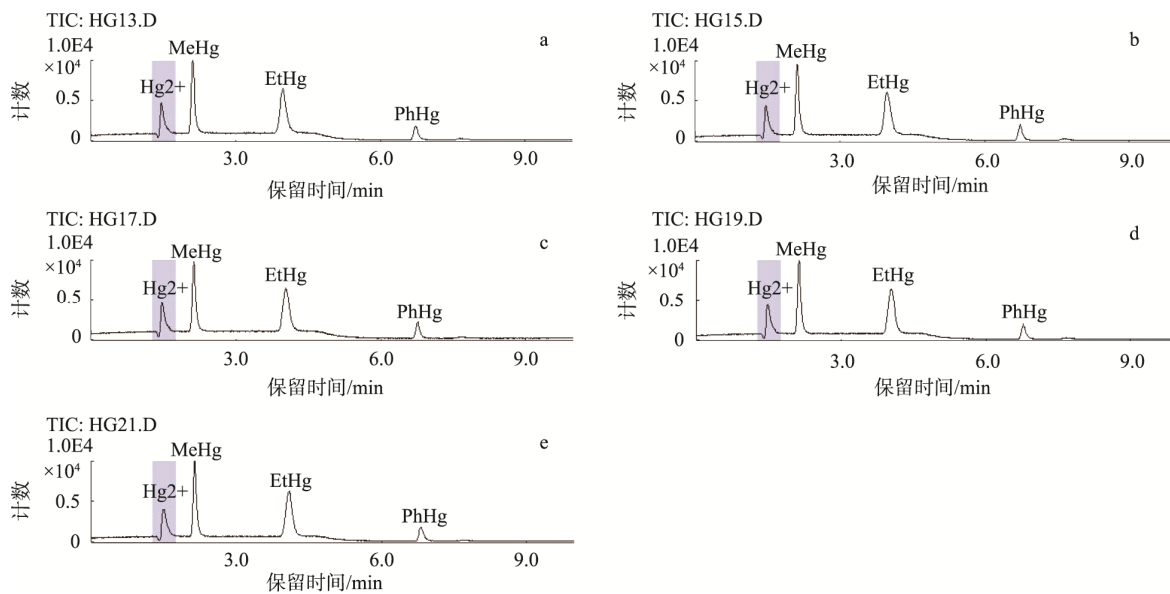
实验考察了pH对分离的影响,结果见图5。在pH 5.0~9.0的范围内,随着pH的增加,3种有机汞的保留时间略有延长,响应值有所下降,考虑到缓冲体系的缓冲容量,实验选择流动相的pH为6.0。



注: 半胱氨酸添加量: a: 0; b: 0.05%(w:V); c: 0.10%(w:V); d: 0.15%(w:V)。

图3 L-半胱氨酸加入量对分离的影响

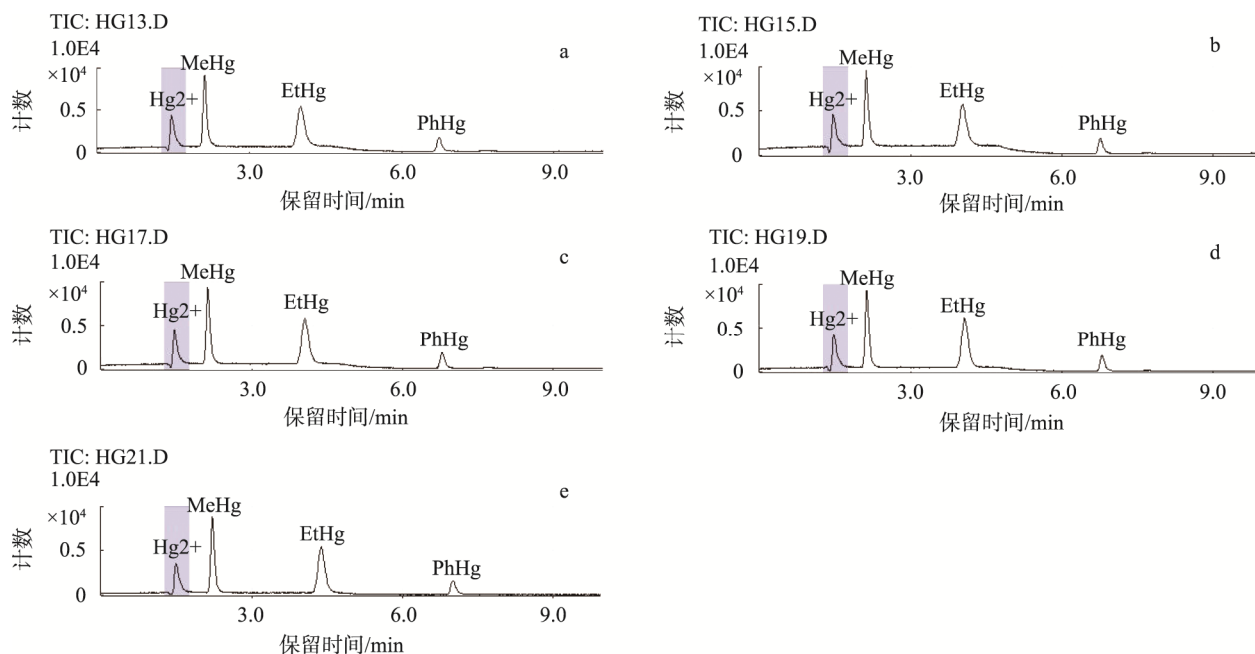
Fig.3 Effect of L-cysteine addition on chromatography separation



注: 乙酸铵添加量: a: 0; b: 5 mmol/L; c: 10 mmol/L; d: 20 mmol/L; e: 50 mmol/L。

图4 乙酸铵浓度对分离的影响

Fig.4 Effect of ammonium acetate concentration on chromatography separation



注: pH 值分别为 a: 4; b: 5; c: 6; d: 7; e: 8。

图 5 pH 对分离的影响

Fig.5 Effect of pH on chromatography separation

### 2.3 质谱条件的优化

由于在汞的分离时采用了较高的有机相, 因此在采用 ICP-MS 测定时, 需要加入氧来避免仪器积碳, 实验分别考察了 1.89%、2.36%、2.83%、3.77%、4.25%、4.72%、5.19% 氧气的加入量对峰面积的影响, 结果见图 6。从图 6 可以看出, 随着加氧量的增加, 4 种形态的汞峰面积都出现降低的趋势, 这是因为氧气的加入, 会使仪器灵敏度降低, 同时, 氧气加入量高于 2.83% 后, 容易导致烧炬管, 但是如果加氧太少, 又会因为有机溶剂的不完全燃烧造成锥孔积炭。综合考虑, 选择加氧量为 2.83%。

### 2.4 方法的线性范围和检出限

由实验得出 4 种形态的汞在质量浓度 0.5 ~ 20 ng/mL 的范围内呈线性关系, 回归方程分别为  $Y=25113.468X+2378.568$ 、 $Y=26109.687X-516.946$ 、 $Y=40717.933X-5597.412$ 、 $Y=25231.039X+544.974$ , 相关系数分别为 1.000、1.000、1.000、1.000。以 3 倍信噪比(S/N) 为方法检出限(limit of detection, LOD), 以 10 倍信噪比(S/N) 为方法定量限(limit of quantitation, LOQ), 经样品添加实验确定在进出口食品中 4 种形态的汞的检出限均为 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 定量限为 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

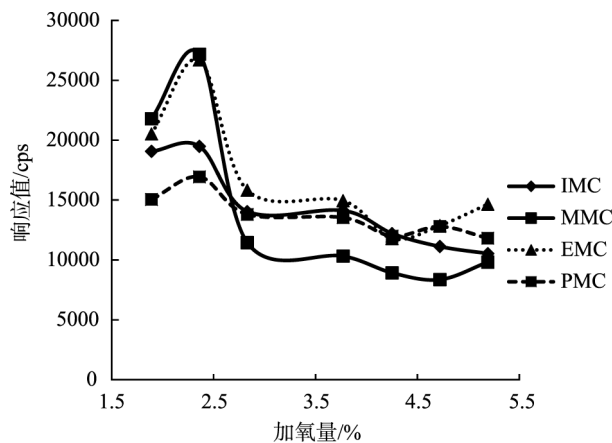


图 6 加氧量对峰面积的影响

Fig.6 Effect of oxygen addition on peak area

### 2.5 回收率及精密度实验

称取虾仁、鳕鱼、金枪鱼, 同时添加 5 个不同浓度水平的标准物质, 按照 1.3 进行样品处理, 并按照优化的测定条件进行检测, 回收率实验结果见表 2, 同一水平样品平行测定 6 次, 计算相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD), 日内相对标准偏差小于 8%, 日间相对标准偏差小于 10%。

表2 4种形态的汞的回收率和实验结果( $n=6$ )  
Table 2 Test results and recoveries of 4 mercury compounds ( $n=6$ )

样品种类	测定值/(mg/kg)	加标回收率/%					RSD/%		
		0.01 mg/kg	0.02 mg/kg	0.2 mg/kg	0.5 mg/kg	1.0 mg/kg	日内	日间	
虾仁	IMC	0.0598	61.3~65.4	96.8~107.3	102.3~110.0	/	/	7.8	9.2
	MMC	0	69.4~93.3	99.0~113.7	80.1~88.4	/	/	4.2	6.4
	EMC	0	85.8~89.1	80.3~90.1	81.8~89.6	/	/	3.9	4.3
	PMC	0	88.5~92.2	96.1~98.9	80.6~83.5	/	/	3.4	4.7
鳕鱼	IMC	0.0160	64.7~89.7	60.8~67.1	/	108.9~109.8	/	6.9	10.0
	MMC	0.0574	64.7~88.7	79.7~85.1	/	107.2~108.5	/	4.4	7.7
	EMC	0	81.4~84.6	87.5~99.3	/	107.2~107.4	/	3.6	6.3
	PMC	0	88.3~95.1	87.8~92.0	/	106.8~108.5	/	2.9	4.5
金枪鱼	IMC	0.0533	100.7~101.5	101.7~112.5	/	/	108.5~108.9	8.0	9.7
	MMC	0.00272	110.3~115.9	104.9~114.9	/	/	114.0~106.3	3.6	5.5
	EMC	0	75.5~78.1	94.6~104.2	/	/	106.2~106.6	3.2	5.8
	PMC	0	82.4~84.1	89.0~97.1	/	/	104.7~109.3	2.9	5.2

## 2.6 样品测定

按照本实验方法对食品进行了分析测定, 结果在虾仁、鳕鱼和金枪鱼中检出无机汞, 在鳕鱼和金枪鱼中检出甲基汞, 所有样品均未检出乙基汞和苯基汞。

## 3 结束语

本研究通过利用微波萃取技术提取水产品中的无机汞和有机汞, 利用高效液相色谱-串联电感耦合等离子体质谱仪同时分离并检测无机汞、甲基汞、乙基汞和苯基汞。4种形态的汞在质量浓度 0.5~20 ng/mL 的范围内呈线性关系, 回收率在 60.8%~115.9%, 日内相对标准偏差小于 8%, 日间相对标准偏差小于 10%; 4种形态汞的检出限均为 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 对实际样品分析结果表明, 在虾仁、鳕鱼、金枪鱼肉中检出无机汞, 在鳕鱼和金枪鱼肉中检出甲基汞。

## 参考文献

- [1] APOSTOLI P. Speciation of metals in occupational medicine [J]. *La Med Del Lav*, 1998, 89(1): 3-16.
- [2] EKINO S, SUSAKI M, NINOMIYA T, *et al.* Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning [J]. *J Neurol Sci*, 2007, 262(1): 131-144.
- [3] United States Environmental Protection Agency. Mercury study report to congress, volume VII: characterization of human health and wildlife risks from mercury exposure in the United States [R]. US: EPA, 1997.
- [4] WONG MH. Environmental mercury contamination in China: sources and impacts [J]. *Environ Int*, 2007, 33(1): 108-121.
- [5] WESTOO G. Determination of methylmercury compounds in foodstuffs. I. Methylmercury compounds in fish, identification and determination [J].

*Acta Chem Scand*, 1966, 20(8): 2131-2137.

- [6] 颜慧, 徐鹏, 张海萍, 等. 固相萃取-毛细管气相色谱法测定水中的甲基汞[J]. *环境科学与管理*, 2013, 38(3): 114-116.  
YAN H, XU P, ZHANG HP, *et al.* Determination of methyl mercury in water by solid phase extraction and capillary gas chromatography [J]. *Environ Sci Manag*, 2013, 38(3): 114-116.
- [7] 毛红, 秦德元. 高效液相色谱-原子荧光光谱法测定英国 FAPAS 鱼肉中甲基汞[J]. *中国卫生检验杂志*, 2009, 19(10): 2246-2247.  
MAO H, QIN DY. Determination of methyl mercury in fish of FAPAS in England by high performance liquid chromatography-atomic fluorescence spectrometry [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2009, 19(10): 2246-2247.
- [8] 刘云波, 刘振东, 王茹意, 等. 巯基硅胶固相萃取法结合 GC-MS 检测水中的甲基汞[J]. *广东化工*, 2018, 45(1): 63-64.  
LIU YB, LIU ZD, WANG RY, *et al.* Determination of methyl mercury in water by thiol silica gel solid-phase extraction combined with GC-MS [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2018, 45(1): 63-64.
- [9] 李浩洋, 汪海滨, 邓建, 等. LC-AFS 法测定水产饲料中的甲基汞[J]. *食品工业*, 2019, 40(4): 322-325.  
LI HY, WANG HB, DEGN J, *et al.* Determination of methyl mercury in aquatic feed by LC-AFS method [J]. *Food Ind*, 2019, 40(4): 322-325.
- [10] 高飞. 一种长光程微型化原子吸收光谱仪及汞形态分析的研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2013.  
GAO F. Study on a long optical path miniaturized atomic absorption spectrometer and mercury speciation analysis [D]. Shenyang: Northeastern University, 2013.
- [11] 冯晓青, 徐瑞, 王露, 等. 超声辅助提取-高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱快速测定海鲜样品中的汞形态[J]. *中国卫生检验杂志*, 2018, 28(20): 16-19.  
FENG XQ, XU R, WANG L, *et al.* Rapid determination of mercury in seafood samples by ultrasound-assisted extraction, high performance liquid chromatography-Inductively coupled plasma mass spectrometry [J].

Chin J Health Lab Technol, 2018, 28(20): 16-19.

- [12] GB 5009.17—2014 食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定 [S].

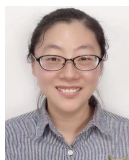
GB 5009.17—2014 National food safety standard-Determination of total mercury and organic mercury in food [S].

- [13] 张兰, 陈玉红, 施燕支, 等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术测定二价汞、甲基汞、乙基汞与苯基汞[J]. 环境化学, 2009, 28(5): 772-775.

ZHANG L, CHEN YH, SHI YZ, *et al.* Determination of divalent mercury, methyl mercury, ethyl mercury and phenyl mercury by high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Environ Chem, 2009, 28(5): 772-775.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



冯 睿, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: happyfreya@foxmail.com



马 明, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为分析化学。

E-mail: tamaming@126.com

## “动物性食品加工与质量安全”专题征稿函

当前我国经济飞速发展, 人们对动物性食品的要求也不再仅仅是数量上的追求, 正在向质量要求进行转变, 然而目前国内动物性食品在各个方面仍需要进行完善。因此, 如何解决这些问题, 使动物性食品安全真正得到保障, 已显得尤为重要。

鉴于此, 本刊特别策划了“动物性食品加工与质量安全”专题, 由东北农业大学食品学院许晓曦教授担任专题主编。专题将围绕现代化加工与副产物综合利用技术、质量安全和检测技术、营养及风味成分分析技术、污染防控与危害分析、法律法规和发展政策几方面, 或您认为本领域有意义的问题综述及研究论文均可, 专题计划在 2021 年 3 月出版。

本刊主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员与本专题主编许晓曦教授特邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 综述、研究论文和研究简报均可。请在 2021 年 1 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**动物性食品加工与质量安全**):

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者

登录-注册投稿-投稿栏目选择“2020 专题: **动物性食品加工与质量安全**”)

邮箱投稿: E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)(备注: **动物性食品加工与质量安全**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部