

深圳市售水产品铅镉汞污染状况分析

温 权*, 许玉成, 李 可

(广东省深圳市福田区疾病预防控制中心, 深圳 518040)

摘 要: **目的** 了解深圳市市售水产品中重金属铅、镉、汞含量水平, 评价水产品食用的安全性。**方法** 在深圳市区范围内采集具有代表性、典型性的水产品, 26 个品种共 377 份样品, 按照 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》的方法进行分析。引入单因子污染指数法分析污染状况。**结果** 镉、甲基汞、铅超标率分别为 7.43%、1.60%和 1.06%。单因子污染指数显示镉汞存在一定程度污染, 其中镉重度污染样品主要集中在鱼类(重度污染占比 10.2%)和甲壳类(重度污染占比 14.7%), 对比其他地区近 5 年污染数据显
示深圳市售甲壳类水产品镉污染状况明显高于广东省平均水平。**结论** 深圳市售水产品重金属安全卫生质量较好, 但甲壳类水产品镉存在一定程度污染, 应引起高度重视。

关键词: 水产品; 重金属; 单因子污染指数

Analysis of pollution status of lead, cadmium and mercury in aquatic products sold in Shenzhen

WEN Quan*, XU Yu-Cheng, LI Ke

(Center for Disease Prevention and Control of Futian District, Shenzhen 518040, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the contents of lead, cadmium and mercury in aquatic products sold in Shenzhen city and evaluate the edible safety of aquatic products. **Methods** Representative and typical aquatic products were collected within the urban area of Shenzhen. A total of 377 samples of 26 varieties were collected and analyzed according to the method of GB 5009.268-2016 *National food safety standard-Determination of multiple elements in food*. The single factor pollution index method was introduced to analyze the pollution status. **Results** The exceeding rates of cadmium, methyl mercury and lead were 7.43%, 1.60% and 1.06%, respectively. The single factor pollution index showed that there were a certain degree of pollution of cadmium and mercury. Among them, the samples of heavy cadmium pollution were mainly concentrated in fish (heavy pollution accounted for 10.2%) and crustaceans (heavy pollution accounted for 14.7%). Compared with the pollution data of other regions in recent five years, the cadmium pollution of crustacean aquatic products sold in Shenzhen was obviously higher than the average level of Guangdong province. **Conclusion** The safety and health quality of heavy metals in aquatic products sold in Shenzhen are good, but cadmium in crustacean aquatic products has a certain degree of pollution, which should be highly valued.

KEY WORDS: aquatic products; heavy metals; single factor pollution index

基金项目: 深圳市福田区卫生公益科研项目(FTWS2017051)

Fund: Supported by Futian District Public Health Research Project (FTWS2017051)

*通讯作者: 温权, 硕士, 主要研究方向为理化检验。E-mail: novice13@163.com

*Corresponding author: WEN Quan, Master, Center for Disease Prevention and Control of Futian District, Shenzhen 518040, China. E-mail: novice13@163.com

1 引言

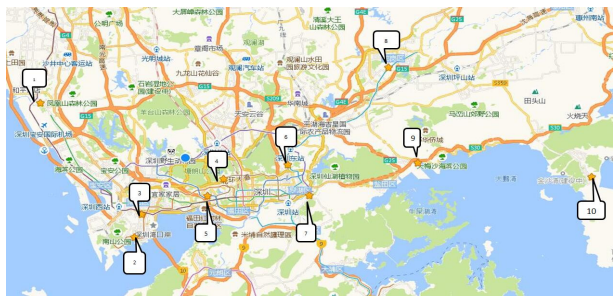
深圳市是隶属于广东省的海滨城市，是水产品的高产量和高消费区域。近年来随着沿海经济增长与工业发展，深圳沿海海域污染状况也日趋严重。海洋的污染元素主要有汞、铅、镉等，他们富集于不同的水产品中，并通过食物链对人群健康形成一定风险^[1]。近几年各省紧紧围绕“渔业质量年”开展了一系列整治行动，保证了水产品质量安全持续稳定的向好趋势^[2]，但是部分地区水产重金属依旧存在一定的安全风险。燕志^[3]的研究发现扬州淡水虾类水产中隔、铬和砷的含量比同地区其他类水产含量高，存在潜在风险；罗贤如等^[4]对深圳市售水产品中隔的膳食暴露风险进行评估，结果发现所采样品中隔的总超标率为 16.44%。为进一步了解深圳市市售水产品中重金属元素污染现状，评估深圳市售水产品中有害元素膳食暴露风险，本研究于 2017~2019 年对市售水产品中铅、镉、甲基汞含量进行监测，利用单因子污染指数法分析其污染状况，引入 SPSS 软件分析不同种类海鲜元素间差异性，为使用水产品的安全性提供数据支持。

2 材料与方法

2.1 材料

2.1.1 样品的采集

深圳市下辖 10 个行政区(罗湖区、福田区、南山区、宝安区、龙岗区、龙华新区、光明新区、盐田区、大鹏新区、坪山新区)，按照系统抽样方法每个区确定 1 家菜市场，确保采样点区域覆盖，具体采样点见图 1。品种按照深圳市民经常使用的水产品种类确定，包括鱼类(大黄花鱼、小黄花鱼、带鱼、鲳鱼、红杉鱼、石斑鱼、秋刀鱼、马鲛鱼、金鲳鱼)，甲壳类(河虾、海虾、花蟹和青蟹)，双壳类(圣子、带子、花甲、牡蛎、象拔蚌、扇贝、青口和沙白)和头足类(鱿鱼)，22 大类共 377 份样品。每份样品采样量不少于 500 g。



注: 1-10 号分别代表 10 个采样点。

图 1 采样布点图
Fig.1 1 Sample plan

2.1.2 主要仪器与试剂

X2 Series 四级杆电感耦合等离子体质谱仪(带自动进样器、耐高盐接口、半导体制冷雾化器和等离子体屏蔽装置, 美国 Thermo 公司); FED720 恒温干燥箱(德国 Binder 公司); C-MAG HP4 控温电热板(德国 IKA 公司)。

硝酸(65%, 德国 Merck 化工技术有限公司); 铅、汞、镉、铜、锌标准(1000 mg/L, 国家有色金属及电子材料分析中心); 大虾标准物质(GBW10050, 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所)。

2.2 方法

2.2.1 检测方法

采集好的水产品样品以清水洗涤出去底泥，取可食用部分以匀质机匀浆。

参照 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》^[5]以闷罐消解-电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICPMS)测样品中铅、镉、铜、锌含量。参照欧阳佩佩等^[6]以高效液相-电感耦合等离子体质谱法测样品中甲基汞。

2.2.2 质量控制

通过平行样、加标回收和有证标准物质进行质量控制。此外实验室参加国际和国家级能力验证项目来确保实验室的数据准确性。

2.2.3 金属污染评价方法

采用单因子污染指数法评价水产品中重金属(Pb、Hg、Cd、Cu、Zn)污染状况。计算公式为: $P_i=C_i/S_i$,

式中 P_i 为重金属 i 的污染指数, C_i 为水产品中重金属 i 的含量, S_i 为重金属 i 的评价标准。对于水生生物重金属污染状况评价, 由于国内目前并未制定和划分明确等级标准, 考虑到重金属的蓄积性, 本文参照白艳艳等^[7]对厦门市售水产动物重金属污染状况评价所用标准: 当 $P_i<0.2$ 时, 表明重金属浓度处于正常的背景值范围内; $0.2\leq P_i\leq 0.6$ 时, 表明处于轻污染水平; $0.6<P_i<1.0$ 时, 为中度污染水平; $P_i\geq 1.0$ 时, 则为重污染。铅、镉、甲基汞参考 GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[8]的标准, 具体限值见表 1。

采用 SPSS 23.0 软件分析水产品中各元素含量, 多组总体非正态分布数据中位数的比较用 Ktuskal-Wallis 检验方法, 多组数据两两比较采用 Bonferroni 法校正。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 水产品重金属限值标准(mg/kg)
Table 1 Limit standard of heavy metal in aquatic products (mg/kg)

种类	铅	甲基汞	镉
鱼类	0.5	0.5	0.1
甲壳类	0.5	0.5	0.5
双壳类	1.5	0.5	2
头足类	1	0.5	2

3 结果与分析

3.1 水产品元素含量检测

采集的 377 份水产品铅、镉、甲基汞均有检出。检测结果见表 2。其中甲壳类、双壳类中镉检出率超过 95%。水产品中隔、甲基汞、铅的检测结果中位数分别为 0.12、0.01、0.14 mg/kg。各类样品 3 种重金属含量中位数及其差异性见表 3。

经 Ktuskal-Wallis 检验可知, 四类水产品中 3 种元素含量差异均有统计学意义($P<0.05$)。利用 Bonferroni 校正法进行组间两两比对, 发现除双壳类外, 鱼类、甲壳类与头足类 3 大类水产品之间铅含量差别有统计学意义($P<0.05$), 而在甲基汞的检测结果中, 只有鱼类分别与双壳类、甲壳类和头足类之间差别有统计学意义。就结果的中位数而言: 鱼类中甲基汞含量明显高于甲壳类、双壳类和头足类水产品; 镉含量由高到底分别为双壳类>头足类>甲壳类>鱼类。

表 2 水产品 3 种元素检测结果
Table 2 Detection results of 3 elements of aquatic products

元素	份数	范围/(mg/kg)	检出率/%	中位数/(mg/kg)	超标率/%
镉	377	N.D.~8.34	80.90	0.12	7.43
甲基汞	377	N.D.~1.03	69.20	0.01	1.60
铅	377	N.D.~9.15	44.30	0.14	1.06

注: N.D.为未检出。

表 3 水产品重金属含量结果中位数
Table 3 Median of results of heavy metal concentration in seafood samples

品种	铅/(mg/kg)	甲基汞/(mg/kg)	镉/(mg/kg)
鱼类	0.192 ^a	0.029 ^a	0.026 ^a
甲壳类	0.083 ^b	0.007 ^b	0.079 ^b
双壳类	0.144 ^{a,b,c}	0.007 ^b	0.17 ^{b,c}
头足类	0.141 ^c	0.007 ^b	0.135 ^c

注: 不同字母代表具有显著性差异, $P<0.05$ 。

3.2 水产品铅、汞、镉、铜及锌污染状况评价

本次研究所测水产品中镉、甲基汞、铅超标率分别为 7.43%、1.60%和 1.06%, 超标率最高的元素为镉。鱼类、甲壳类、双壳类和头足类水产品中镉超标率均超过 5%, 分别为 10.2%、14.7%、5.1%和 5.7%, 超标样品类型主要包括象拔蚌、扇贝、生蚝、花螺、秋刀鱼等, 其中某份象拔蚌样品镉含量高达 8.34 mg/kg, 超过限值标准的 8 倍以上。此外, 甲基汞超标率为 1.6%, 其所有超标样品均来自鱼类, 超标样品类型包括秋刀鱼、金鲳鱼、红杉鱼和带鱼, 其中某份红杉鱼甲基汞含量高达 1.03 mg/kg。

计算水产品中铅、甲基汞、镉污染指数, 结果见表 4。根据单因子污染指数结果, 水产品中铅清洁度较高, 但甲基汞和镉存在一定程度的污染。95%以上水产品铅为清洁或轻度污染。鱼类和头足类水产品中不到 2%的样品存在铅重度污染情况。甲基汞重度污染样品均为鱼类, 其余样品类型汞的清洁程度较高。部分水产品存在较为明显的镉污染情况。其中, 分别高达 10.2%的鱼类和 14.7%的甲壳类样品镉存在严重污染情况, 特别是超过 1/5 的甲壳类样品镉存在中度或重度污染情况, 而双壳类和头足类样品也分

别存在超过 10%的中度或重度镉污染情况。

利用 Bonferroni 校正法进行组间两两比对, 发现除双壳类外, 鱼类、甲壳类与其他来 3 大水产品之间铅含量差别有统计学意义($P<0.05$), 而在甲基汞含量的检测结果中, 只有鱼类分别与双壳类、甲壳类和头足类之间差别有统计学意义($P<0.05$)。

4 讨 论

本次调查结果发现深圳市售水产品中铅含量低于食品污染物限值标准, 但根据单因子污染指数方法进行评价, 镉与甲基汞存在一定程度的污染。这其中, 甲基汞重度污染样品主要来源于鱼类。根据高志杰等^[9]的研究, 重金属离子(如铅、镉、汞等)通过与动物蛋白中的巯基结合进而在生物体内累积, 所以鱼类(特别是一些生长周期较长的杂食性鱼类)对重金属的蓄集主要通过复杂的食物链来转化。本次调查还发现所有水产品类型均存在不同程度的镉污染, 这其中超过 20%的甲壳类水产品镉元素存在中度或中度污染的情况, 如此高的含量应引起足够的重视。根据姜杰等^[10]的研究, 贝类对重金属富集程度与其生理特点、

生活习性以及栖息环境有关。贝类一般生长于近海海域,该地区淤泥中沉积了大量重金属,贝类通过这些沉积物体内富集大量重金属,特别是像镉这样生物半衰期较长的有害元素。

为进一步评价深圳市售水产品镉与甲基汞两种元素的污染情况,通过文献检索查阅近 5 年国内市售水产品镉汞含量,并计算单因子污染指数,结果如表 5,不同地区市售水产品镉汞含量差异较大,整个广东地区市售水产品镉汞污染程度较低,但深圳市售甲壳类水产品镉含

量在广东省内属较高水平。本次所调查甲壳类水产品镉含量中位数为 0.079 mg/kg,而根据蔡文华等^[11]的研究,2017 年广东海域甲壳类水产品样品中镉含量中位数为 0.023 mg/kg,此外根据罗贤如等^[4]调查,2016 年深圳市售甲壳类水产品样品镉含量中位数为 0.262 mg/kg。这说明虽然经过 3 年治理之后有明显效果,但深圳市售甲壳类水产品镉污染状况依旧高于广东省平均水平,这也提示相关部门每年通过食品风险监测来引导居民减少污染物摄入的风险。

表 4 铅、镉、甲基汞、铜、锌单因子污染指数结果
Table 4 Results of single factor pollution index for Pb, Cd, Meth-Hg, Cu and Zn

元素种类	种类	份数	P _i 值中位数	P _i 值范围	清洁/%	轻度污染/%	中度污染/%	重度污染/%
铅	鱼类	98	0.050	0.05~3.8	91.8	5.1	1.0	2.0
	甲壳类	34	0.050	0.05~0.6	88.2	11.8	0.0	0.0
	双壳类	157	0.017	0.02~6.1	94.2	5.1	0.0	0.6
	头足类	88	0.025	0.03~0.4	88.6	6.8	3.4	1.1
镉	鱼类	98	0.025	0.03~11.7	78.6	9.2	2.0	10.2
	甲壳类	34	0.158	0.02~5.6	67.6	11.8	5.9	14.7
	双壳类	157	0.079	0.001~4.2	71.8	14.1	9.0	5.1
	头足类	88	0.021	0.001~2.9	77.3	12.5	4.5	5.7
甲基汞	鱼类	98	0.047	0.002~2.6	93.9	0.0	0.0	6.1
	甲壳类	34	0.008	0.002~0.03	100.0	0.0	0.0	0.0
	双壳类	157	0.009	0.002~0.2	100.0	0.0	0.0	0.0
	头足类	88	0.011	0.002~0.4	96.6	3.4	0.0	0.0

表 5 不同地区海产品单因子污染指数中位数结果
Table 5 Median of result of single factor pollution index in seafood from different regions

年份	地区	样品类型	镉	甲基汞	参考文献
2018	海南	鱼类	/	0.085	[12]
		甲壳类	/	0.125	
2014	杭州	鱼类	0.052	/	[13]
		鱼类	0.112	/	
2014	红海湾	甲壳类	0.310	/	[14]
		头足类	1.020	/	
		鱼类	0.110	/	
2016	葫芦岛	甲壳类	7.550	/	[15]
		头足类	1.260	/	
2013~2017	上海	甲壳类	0.310	/	[16]
		鱼类	0.008	0.016	
2012	宁波	甲壳类	0.255	0.050	[9]
		其它	1.060	0.050	

续表 5

年份	地区	样品类型	镉	甲基汞	参考文献
2019	深圳 (本次)	鱼类	0.003	0.024	本次
		甲壳类	0.079	0.004	
		双壳类	0.158	0.004	
		头足类	0.042	0.005	
2018	广东	鱼类	0.002	0.016	[11]
		甲壳类	0.023	0.021	
		双壳类	0.378	0.007	
2016	深圳	鱼类	0.001	/	[10]
		甲壳类	0.262	/	
		双壳类	0.094	/	

5 结 论

本次调查说明深圳市售水产品重金属安全卫生质量较好, 但镉、汞存在一定程度污染, 其中甲壳类水产品镉污染较为严重。通过地区间水产品污染指数检测结果对比发现深圳市售甲壳类水产品镉污染高于广东省平均水平。呼吁相关部门每年通过食品风险监测来引导居民制定健康的饮食习惯, 并通过一定的健康宣传, 引导沿海居民自我控制相应水产品的摄入量和食用频率, 减低健康风险。本次调查结果可为当地消费者的水产品合理膳食提供数据参考, 为进一步了解深圳市居民食用水产品中重金属暴露危险度, 应进一步开展深圳市居民食用水产品中重金属的概率评估以及对人体健康的影响研究。

参考文献

[1] Peimiao L. Trace elements in major marketed marine bivalves from six northern coastal cities of China: Concentrations and risk assessment for human health [J]. *Ecotox Environ Saf*, 2014, 109: 1–9.

[2] 田甜, 文金华, 曾祥林, 等. 鲜活水产品质量安全风险监测与评估现状及展望[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(24): 8524–8530.

Tian T, Wen JH, Zeng XL, *et al*. Research status and prospect of quality and safety risk monitoring and assessment of fresh aquatic products [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(24): 8524–8530.

[3] 燕志. 扬州市水产品质量安全风险监测及小龙虾重金属风险评估[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.

Yang Z. Risk monitoring of aquatic product quality and safety and risk assessment of heavy metals in crawfish in Yangzhou city [J]. *Yangzhou: Yangzhou University*, 2018.

[4] 罗贤如, 张锦周, 王舟, 等. 深圳市市售水产品中镉膳食暴露风险评估[J]. *现代预防医学*, 2019, 46(2): 238–241.

Luo XR, Zhang JZ, Wang Z, *et al*. Risk assessment of dietary exposure to cadmium from edible aquatic products sold in Shenzhen city [J]. *Mod Prev Med*, 2019, 46(2): 238–241.

[5] GB 5009. 268-2016 食品中多元素的检测方法[S].

GB 5009. 268-2016 Determination of multi elements in foodstuffs [S].

[6] 欧阳珮珊, 黄诚, 丘福保. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法同时测定水产品中的无机汞、甲基汞和乙基汞[J]. *中国卫生检验杂志*, 2016, 26(1): 50–53.

Ouyang PP, Huang C, Qiu FB. Simultaneous determination of inorganic mercury, methyl mercury and ethyl mercury in aquatic products by high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2016, 26(1): 50–53.

[7] 白艳艳, 潘秋仁, 贾玉珠. 2015 年厦门市售水产动物及藻类食品中重金属污染状况评价[J]. *实用预防医学*, 2017, 24(11): 1314–1317.

Bai YY, Pan QR, Jia YZ. Assessment of heavy metal contamination in aquatic animals and algae food sold in the markets in Xiamen city, 2015 [J]. *Pract Prev Med*, 2017, 24(11): 1314–1317.

[8] GB 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].

GB 2762-2017 National food safety standard-Limit of pollutants in food [S].

[9] 高志杰, 汪婵娜, 姚浔平, 等. 海产品中重金属铅、汞、镉、铬对人体健康的潜在风险评价[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, 24(7): 1019–1021, 1025.

Gao ZJ, Wang LN, Yao XP, *et al*. Potential health risk of lead, mercury, cadmium and chromium in seafoods [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2014, 24(7): 1019–1021, 1025.

[10] 姜杰, 丘红梅, 张慧敏, 等. 广东沿海海域海产品中重金属的含量及评价[J]. *环境与健康杂志*, 2009, 26(9): 814–816.

Jiang J, Qiu HM, Zhang HM, *et al*. Assessment of content of heavy metals in seafood from sea area of Guangdong province [J]. *J Environ Health*, 2009, 26(9): 814–816.

[11] 蔡文华, 苏祖俭, 胡曙光, 等. 广东海域代表性海产品中污染物数据库的建立及应用[J]. *中国卫生检验杂志*, 2017, 27(24): 11–15, 18.

Cai WH, Su ZJ, Hu SG, *et al*. Establishment and application of pollutant database for representative seafoods in coast of Guangdong [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2017, 27(24): 11–15, 18.

[12] 周静, 刘云儒, 龙文芳, 等. 海南省近岸养殖区海产品及海水中铅和汞污染状况[J]. *环境与职业医学*, 2018, 35(1): 39–42, 54.

- Zhou J, Liu YR, Long WF, *et al.* Lead and mercury pollution in seafood products and seawater from coastal aquaculture areas of Hainan province [J]. *J Environ Occup Med*, 2018, 35(1): 39–42, 54.
- [13] 陈晓素, 褚美芬, 彭珍, 等. 杭州市售海产品重金属检测及评价[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(8): 1176–1179.
- Chen XS, Chu MF, Peng Z, *et al.* Detection and evaluation of heavy metals in seafood from Hangzhou market [J]. *J Environ Health*, 2014, 24(8): 1176–1179.
- [14] 彭加喜, 徐向荣, 刘金铃, 等. 红海湾海产品体内重金属水平及人体暴露风险评估[J]. 生态科学, 2014, 33(5): 825–831.
- Peng JX, Xu XR, Liu JL, *et al.* Heavy metal levels in seafood from Honghai bay and its human dietary exposure assessment [J]. *Ecologic Sci*, 2014, 33(5): 825–831.
- [15] 高蜜, 吴星, Paul, 等. 葫芦岛海产品重金属含量及健康风险分析[J]. 生态学杂志, 2016, 35(1): 205–211.
- Gao M, Wu X, Paul, *et al.* Metal levels in seafood of the Huludao coast

and associated health risks [J]. *Chin J Ecol*, 2016, 35(1): 205–211.

- [16] 张露菁, 范文涵, 彭少杰. 甲壳类水产品中重金属镉的风险评估[J]. 食品工业, 2019, 40(6): 186–189.
- Zhang LQ, Fan WH, Peng SJ. Risk assessment of cadmium exposure level from crustacean aquatic products [J]. *Food Ind*, 2019, 40(6): 186–189.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



温 权, 硕士, 主要研究方向为理化检验。
E-mail: novice13@163.com

“农副产品加工与检测分析”专题征稿函

农副产品是由农业生产所带来的副产品, 包括农、林、牧、副、渔五业产品, 分为粮食、经济作物、禽畜产品、干鲜果、干鲜菜及调味品、土副产品、水产品等若干类。我国农副产物资源丰富, 每年农产品的加工利用产生种类众多的食品和相关制品, 但同时也产生大量副产物, 致使资源得不到充分利用以及造成环境污染。为提高农副产物资源的综合利用水平, 实现农产品加工的全利用和零排放, 同时使农副产物增值, 实现农产品加工的可持续发展。

本刊特别策划了“农副产品加工与检测分析”专题, 主要围绕果蔬加工与综合利用、禽肉制品加工与综合利用、农产品营养与健康功能、食品生物发酵技术、农产品贮藏保鲜技术、水产品加工与综合利用、粮油作物加工与综合利用等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可, 本专题计划在 2020 年 12 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员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 2020 年 10 月 15 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, 再次感谢您的关怀与支持!

谢谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: 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-投稿选择“专题: 农副产品加工与检测分析”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: 农副产品加工与检测分析专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部