

高效液相色谱-串联质谱法快速测定动物源食品中的氯霉素残留量

王一晨, 刘奇, 吴学贵*, 黄肖凤, 王芳姑, 李小梅

(海南威尔检测技术有限公司, 澄迈 571924)

摘要: **目的** 建立高效液相色谱-串联质谱联用法快速测定动物源食品中氯霉素残留量的分析方法。**方法** 样品采用乙酸乙酯提取、空气吹干浓缩、正己烷脱脂后, 经乙腈和水梯度洗脱、色谱柱 Poroshell 120 EC-C₁₈ (50 mm×2.1 mm, 2.7 μm) 分离、液相色谱-串联质谱仪测定, 以氘代氯霉素为内标物进行定量。**结果** 回归方程 $Y=0.177X+0.0008$, 相关系数 r 为 0.9996; 方法检出限和定量限分别为 0.03 μg/kg、0.1 μg/kg; 在 0.1~1.0 μg/kg 浓度梯度范围内的平均回收率为 91.4%~107.5%, 相对标准偏差为 4.5%~5.7%, 2 次能力验证结果满意。**结论** 该方法经济、简便、快捷、稳定、准确性高, 能满足大批量动物源性食品样品中氯霉素残留量测定的要求。

关键词: 高效液相色谱-串联质谱法; 氯霉素; 动物源食品; 内标法

Rapid determination of chloramphenicol residue in animal derived food by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

WANG Yi-Chen, LIU Qi, WU Xue-Gui*, HUANG Xiao-Feng, WANG Fang-Gu, LI Xiao-Mei

(Hainan Willtest Technology Co., Ltd., Chengmai 571924, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of chloramphenicol residues in animal derived food by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). **Methods** The animal derived food sample was extracted by ethyl acetate, the extraction liquid was enriched by air flow, and purified by n-hexane. The obtained target compound was separated by high performance liquid chromatography using Poroshell 120 EC-C₁₈ (50 mm×2.1 mm, 2.7 μm) HPLC column with gradient elution of acetonitrile and water, and was detected by HPLC-MS/MS with multiple reaction monitoring mode (MRM). Internal standard method was used for quantitative analysis, and deuterated chloramphenicol was used for internal standard. **Results** The regression equation was $Y=0.177X+0.0008$, and the correlation coefficient r was 0.9996. The limit of detection was 0.03 μg/kg, and the limit of quantitation was 0.1 μg/kg. The recoveries for spiked standards in the concentration range of 0.1-1.0 μg/kg and the relative standard deviations were 91.4%-107.5% and 4.5%-5.7%, respectively. The results of two batches proficiency testing were satisfactory. **Conclusion** This method is economical, simple, rapid, effective and accurate, which is suitable for the determination of the content of chloramphenicol residue in animal derived food samples.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; chloramphenicol; animal derived food; internal standard method

*通讯作者: 吴学贵, 工程师, 主要研究方向为水产品质量安全。E-mail: 767605373@qq.com

*Corresponding author: WU Xue-Gui, Engineer, Hainan Willtest Technology Co., Ltd., Laocheng Hi-tech Industry Demonstration Zone, Chengmai 571924, China. E-mail: 767605373@qq.com

1 引言

氯霉素是由委内瑞拉链丝菌产生的抗生素,属于广谱抗生素,对革兰阳性、阴性细菌均有抑制作用,由于其疗效好、生产工艺简单、价格低廉,故被广泛运用于人和动物疾病的防治。但氯霉素苯环上有硝基,对人体有严重的副作用,会抑制骨髓造血功能,引起再生障碍性贫血^[1]。欧盟、美国等规定在食品中氯霉素零容许量,且检出限的要求也越来越严格,欧盟由原来的 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 降至 0.1~0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$,我国农业农村部发布的相关公告也规定氯霉素及其盐、酯在所有动物性食品中不得检出^[2,3]。目前,国内外有关氯霉素残留的检测方法较多,主要采用酶联免疫法^[4,5]、气相色谱法^[6,7]、气相色谱-质谱法^[8,9]、液相色谱法^[10,11]、液相色谱-串联质谱法^[12-15]等。酶联免疫法通常适用于大规模筛查,但由于抗体批次不同,测定结果会出现一定差异,重复性差,也易出现假阳性结果^[16,17]。气相色谱法、气相色谱-质谱法,一般需要衍生试剂进行衍生化,方法较繁琐^[18]。液相色谱法灵敏度达不到要求^[19]。液相色谱-串联质谱法,检测限低、前处理简单,定性科学、定量准确。

本研究依据国家标准方法 GB/T 20756-2006^[20]液相色谱仪-串联质谱法对提取液体积、浓缩方式、色谱条件选择等步骤进行优化,建立了一种检出限低、前处理简单、回收率高的液相色谱-串联质谱法检测动物源食品中氯霉素残留量,该方法快速、准确,能满足动物源食品中氯霉素残留大批量样本的快速分析。

2 材料与方法

2.1 仪器、试剂与材料

1200 高效液相色谱仪(美国 Agilent Technologies 公司); API3200 三重四级杆质谱仪、Analyst1.5.2 Software (美国 AB SCIEX 公司); AB204-S 电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; TTL-DCII 氮吹仪(北京同泰联科技发展有限公司); LXJ-IIB 低速大容量多管离心机、TGL-16G-A 台式高速冷冻离心机(上海安亭科学仪器厂)。

氯霉素(chloramphenicol, CAP)标准物质(纯度>98.5%,德国 Dr.Ehrenstorfer GmbH 公司); 氘代氯霉素(d5-CAP)内标溶液(100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 德国 Dr.Ehrenstorfer GmbH 公司); 乙酸乙酯、乙腈、正己烷(色谱纯,北京百灵威科技有限公司); Milli-QA10 超纯水机[密理博(上海)贸易有限公司]; HY-3 多功能振荡器(江苏金坛市环宇科学仪器厂); 罗非鱼肌肉[通威(海南)水产食品有限公司]; 鸡肉样品(海口市农贸市场)。

2.2 实验方法

2.2.1 试样的制备

取样品(罗非鱼取肌肉部分、鸡肉取鸡胸脯部分)用肉

类组织捣碎机绞碎后,装于样品袋中,待用。

2.2.2 提取

称取约 5 g 试样于 50 mL 离心管中,加入 100 μL 内标(浓度为 20 ng/mL)和 15 mL 乙酸乙酯充分涡旋 1 min 混匀,用多功能振荡器以最大速度振荡 5 min,以 4000 r/min 离心 5 min,吸取上清液 9 mL 于玻璃离心管中,用压缩空气吹干。

2.2.3 净化

吹干后的残渣加 3 mL 正己烷涡旋 30 s,再加 3 mL 纯水,点式涡旋 30 s 混匀,静置,弃去上层清液,再加 3 mL 正己烷混合静置,弃去上层清液,取下层水层经 0.22 μm 滤膜过滤至样品瓶中,供液相色谱-串联质谱仪测定。

2.2.4 标准溶液和内标溶液的配制

氯霉素标准溶液配制:称取适量的氯霉素标准物质,用甲醇配成 0.4 mg/mL 的标准储备液;准确移取 25 μL 氯霉素于 10 mL 容量瓶用甲醇稀释至刻度,此溶液浓度为 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$;准确吸取 0.5 mL 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 标准溶液于 50 mL 容量瓶中,用水稀释至刻度,制得浓度为 10 ng/mL 的标准溶液。

氘代氯霉素内标溶液配制:准确吸取 100 μL 氘代氯霉素内标溶液于 10 mL 容量瓶中,用甲醇稀释至刻度,得浓度为 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的标准溶液。准确吸取 1.0 mL 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 标准溶液于 50 mL 容量瓶中,用水定容,制得浓度为 20 ng/mL 的内标溶液。

分别吸取 10 ng/mL 氯霉素标准使用液 0.05、0.25、0.5、1.0、2.5 mL 于 5 mL 容量瓶中,各加入 0.1 mL 20 ng/mL 氘代氯霉素内标溶液,再用水稀释至刻度,混匀。各自浓度相当于氯霉素浓度 0.1、0.5、1.0、2.0、5.0 $\mu\text{g}/\text{L}$,氘代氯霉素内标浓度均为 0.4 ng/mL 。

2.2.5 液相色谱分析条件

色谱柱:安捷伦 Poroshell 120 EC-C₁₈ (50 mm×2.1 mm, 2.7 μm);

流动相:乙腈(A)-水(B),梯度洗脱,见表 1;

流速:0.3 mL/min;

柱温:40 $^{\circ}\text{C}$;

进样体积:20 μL 。

表 1 梯度洗脱方式
Table 1 Elution gradients

<i>t</i> /min	A/%	B/%
0	5	95
3	70	30
5	70	30
5.1	5	95
9.2	5	95

2.2.6 质谱分析条件

离子源模式: 电喷雾离子源(ESI-); 检测方式: 多反应监测(multiple reaction monitoring, MRM); 电喷雾电压(ionspray voltage, IS): -3000 V; 离子源温度(temperature, TEM): 500 ℃; 雾化气压力(ion source gas 1, GS1): 35 psi; 辅助气压力(ion source gas 2, GS2): 35

psi; 气帘气压力(curtain gas, CUR): 30 psi; 定性离子对、定量离子对、内标离子对、去簇电压(declustering potential, DP)、势电压(entrance potential, EP)碰撞室入口电压(collison cell ent. potential, CEP)、碰撞气能量(collison energy, CE)及碰撞室出口电压(collison cell exit potential, CXP)见表 2。

表 2 质谱参数
Table 2 Mass spectrum parameter

药物名称	离子对(<i>m/z</i>)	DP/V	EP/V	CEP/V	CE/V	CXP/V
CAP	321.092/151.769*	-45	-1.5	-20	-26	-16
	321.092/120.863	-45	-1.5	-20	-52	-6
d ₅ -CAP	326.000/157.000	-40	-3	-20	-25	-4

注: “*”为定量离子对。

3 结果与分析

3.1 提取液体积的选择

取空白样品 5.00 g, 加入 10 ng/mL 氯霉素标准溶液, 使样品中浓度分别为 0.1、0.5 和 1.0 μg/kg, 放置 0.5 h 后, 将加标样品分两次用 15 mL 乙酸乙酯提取, 再定容至 50 mL, 或用 15 mL 乙酸乙酯一次提取后取 9 mL, 按 2.2.3 方法净化, 两种方法回收率均在 94%~117%之间, 并无显著性差异。而采用一次提取, 可节约 70%的试剂并减少一半的操作时间, 故最终采用 15 mL 乙酸乙酯一次提取样品。

3.2 浓缩方式优化

标准方法采用旋转蒸发仪将提取液浓缩至干, 大批量样品的处理操作繁琐、处理时间长、效率低。由于氯霉素化学性质稳定, 本研究以压缩空气为气源, 采用 24 位氮吹仪进行吹干浓缩。标准方法和本方法的实验结果见表 3。采用压缩空气浓缩方式回收率稳定, 且压缩空气来源经济实惠, 另外采用 24 位氮吹仪一次可实现 24 批次样品同时浓缩至干。当同时处理 240 批次样品时, 只需 2.2 h 即可浓缩完毕, 而标准方法需 80 h 才能浓缩完毕, 因此本方法效率高, 特别适合大批量样品的处理。

表 3 不同加标水平下不同浓缩方式的平均回收率比较(*n*=6)
Table 3 Comparison of 2 kinds of concentration method on average recovery at different spiked levels (*n*=6)

浓缩方式	平均回收率/%		
	0.1 μg/kg	0.5 μg/kg	1.0 μg/kg
旋转蒸发仪浓缩	117.3	110.5	108.0
压缩空气吹干浓缩	110.5	103.5	105.7

3.3 两种方法在样品前处理时间上的比较

由表 4 可见, 使用标准方法处理 1 个样品至少需要 53 min, 而使用本方法只需要 25.5 min, 大大缩短了前处理的时间。

表 4 样品前处理时间比较
Table 4 Comparison of sample pretreatment time

前处理步骤	GB/T 20756-2006 时间/min	本方法时间 /min
提取(超声或涡旋振荡)	13	7.5
离心	20	5
旋蒸或吹干	20	13
总时间	53	25.5

3.4 色谱条件选择和优化实验

采用串联质谱进行测定时, 对于某些化合物, 基质效应对离子化效率影响较大, 往往导致同一浓度在纯溶剂中和在基质样液中响应值相差很大, 本实验仅采用正己烷除脂净化, 因此不可避免地残留一些样品基质。使用常规 C₁₈ 柱(150 mm×2.1 mm, 5 μm)为分析色谱柱, 目标峰由于基质效应影响, 信号低, 峰型差。核壳柱 C₁₈ 与常规 C₁₈ 柱分离机制一样, 但其与常规 C₁₈ 相比, 具有超级耐用、超高柱效、极低反压等优势, 因此本实验选择核壳柱 Poroshell 120 EC-C₁₈ (2.1 mm×50 mm, 2.7 μm)为色谱分析柱, 该柱子粒径只有 2.7 μm, 与传统的高效液相色谱柱相比, 其分离效果极佳且柱效高, 实验通过优化流动相条件, 使目标化合物与抑制电离的基质分离, 极大程度降低了基质对目标物测定的影响。

流动相的组成影响着氯霉素的峰形、保留时间和检测灵敏度。实验过程中分别选择乙腈-水和甲醇-水为流动相,以 0.1、0.5、1.0 ng/mL 的标准溶液进样,乙腈-水为流动相信号响应强于甲醇-水,所以选用乙腈-水为流动相。另外,标准方法采用 40%甲醇/水作为流动相进行等度洗脱,峰型宽且分叉,信号低。本方法通过反复实验最终确定以乙腈和水为流动相按梯度洗脱方式,该条件下目标物信号高,峰型尖锐、对称。图 1 为氯霉素标准溶液色谱图、空白鱼肉和鱼肉加标色谱图。

3.5 线性范围

取 10 ng/mL 氯霉素标准使用液,用纯水配制为 0、0.1、0.5、1.0、2.0、5.0 μg/L 的标准溶液,按照上述条件和方法进行分析,以标准溶液中氯霉素和氘代氯霉素浓度的比值为横坐标 *X*,氯霉素峰面积和氘代氯霉素峰面积的比值为纵坐标 *Y* 绘制标准工作曲线,得到回归方程 $Y=0.177X+0.0008(r=0.9996)$,结果表明,在 0.1~5.0 μg/L 范围内,氯霉素的浓度和色谱峰面积线性关系良好。

3.6 方法检出限与定量限

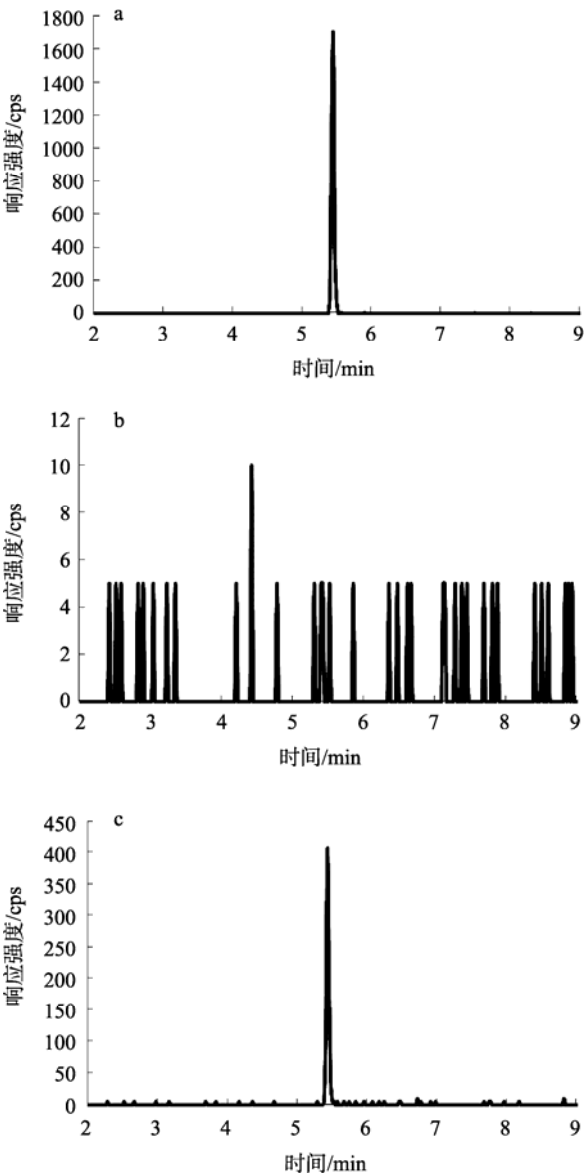
以色谱峰信噪比 $S/N=3$ 为方法检出限、 $S/N=10$ 为方法定量限,将加标质量浓度逐级稀释添加于空白样品中测定信噪比,最终确定本方法检出限为 0.03 μg/kg,定量限为 0.1 μg/kg,而标准方法给出的检出限为 0.1 μg/kg,本方法检出限更低。

3.7 回收率和精密度实验

在空白鱼肉、鸡肉组织中加入氯霉素标准溶液,加标水平分别为 0.1、0.5、1.0 μg/kg,每个水平做 6 个平行样品测定,结果见表 5。改进后的方法加标回收率在 91.4%~107.5%之间,相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)均在 6.0%以下。

3.8 能力验证结果

采用本方法分别参加辽宁出入境检验检疫局检验检疫技术中心和农业部组织的氯霉素能力验证,结果见表 6。



注: a 氯霉素标准溶液; b 氯霉素空白样品; c 氯霉素加标样品 (0.3 μg/kg)

图 1 样品多反应监测色谱图

Fig.1 MRM chromatograms of samples

表 5 加标回收率和精密度实验结果(n=6)
Table 5 Result of spiked recovery and precision (n=6)

样品	添加浓度/(μg/kg)	回收率/%					平均回收率/%	RSD/%
罗非鱼	0.1	93.3	95.0	105.2	103.6	107.5	102.6	5.7
	0.5	95.3	97.5	98.3	105.3	106.3	98.3	4.5
	1.0	95.6	94.5	94.6	100.5	104.5	106.6	5.3
鸡肉	0.1	92.4	95.6	96.6	97.6	106.5	102.5	5.2
	0.5	92.3	96.9	102.3	91.4	100.2	100.2	4.6
	1.0	96.3	94.3	105.2	106.7	101.4	106.3	5.2

表 6 能力验证结果
Table 6 Result of proficiency testing

组织者	能力验证名称	方法	氯霉素	Z 值	结果
辽宁出入境检验检疫局检验 检疫技术中心	PTC-T065 鸡肝中氯霉素、磺 胺类兽药残留检测	液相色谱-串 联质谱法	0.21 mg/kg 1.13 mg/kg	1.56 -1.70	满意
农业部	2017 年农产品质量安全检测 技术能力验证	液相色谱-串 联质谱法	2.97 µg/kg 回收率 99.0%	—	符合要求

3.9 实际样品测定

从海南省澄迈县、东方市、琼海市、临高县各农贸市场抽取 45 份鸡和鸭的胸脯肉, 以及从海口农贸市场采购的 20 份螺, 采用本方法进行检测, 结果显示仅有 1 份鸡肉样品、1 份东风螺和 1 份麻螺检出氯霉素, 含量分别为 0.21、7.67 和 2.03 µg/kg。

4 结 论

通过对提取液体积、浓缩方式、色谱条件选择等因素进行优化, 确定了动物源食品中氯霉素残留量测定的最佳测定条件。在此条件下测定动物源食品中氯霉素残留量, 其方法经济、简便、回收率和精密度高, 准确性好, 采用该方法参加辽宁出入境检验检疫局检验检疫技术中心和农业部组织组织的动物源性食品氯霉素残留能力验证, 结果均满意。氯霉素质量浓度在 0.1~5.0 µg/L 内线性良好, 方法检出限为 0.03 µg/kg, 定量限为 0.1 µg/kg。该方法适用于大批量动物源食品类样品中氯霉素残留量的测定。

参考文献

[1] Turton JA, Havard AC, Robinson S, *et al.* An assessment of chloramphenicol and thiamphenicol in the induction of aplastic anaemia in the BALB/c mouse [J]. Food Chem Toxicol, 2000, 38(10): 925-938.

[2] 中华人民共和国农业部. 动物性食品中兽药最高残留限量[Z]. 农业部公告第 235 号, 2002.

The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. The maximum residue limit of veterinary drugs in animal food [Z]. Announcement of the ministry of agriculture No. 235, 2002.

[3] 中华人民共和国农业部. 食品动物禁用的兽药及其它化合物清单[Z]. 农业部公告第 193 号, 2002.

The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. List of banned veterinary drugs and other compounds for food animals [Z]. Announcement of the ministry of agriculture No. 193, 2002.

[4] 彭运平, 齐维, 唐海波, 等. 应用酶联免疫法检测鱼肉、蜂蜜中氯霉素的残留量[J]. 现代食品科技, 2010, 26(12): 1415-1418.

Peng YP, Qi W, Tang HB, *et al.* Detection the residues of chloramphenicol in fish meat and honey using enzyme-linked immunosorbent assay [J]. Mod Food Sci Technol, 2010, 26(12): 1415-1418.

[5] 谭慧, 麦琦. 酶联免疫分析法测定水产品中氯霉素残留量[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(7): 1649-1650.

Tan H, Mai Q. Determination of chloramphenicol residues in aquatic

products by enzyme immunoassay assay [J]. Chin J Health Lab Technol, 2010, 20(7): 1649-1650.

[6] 胡红美, 郭远明, 孙秀梅, 等. 超声波萃取-PSA 净化-气相色谱法测定水产品中氯霉素[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2016, 35(3): 222-227.

Hu HM, Guo YM, Sun XM, *et al.* Determination of chloramphenicol and florfenicol in fishery products by gas chromatography combined with ultrasonic extraction and PSA purification [J]. J Zhejiang Ocean Univ (Nat Sci Ed), 2016, 35(3): 222-227.

[7] 吴明媛, 杨姝丽, 李小红, 等. 毛细管电子捕获气相色谱法同时测定水产品中氯霉素、甲砒霉素和氟甲砒霉素残留[J]. 广西农业科学, 2009, 40(5): 567-570.

Wu MY, Yang SL, Li XZ, *et al.* Simultaneous determination of residues of chloramphenicol, thiamphenicol and florfenicol in aquatic products by gas chromatographic method with electron capture detection [J]. Agric Sci Guangxi, 2009, 40(5): 567-570.

[8] 邵会, 冷凯良, 周明莹, 等. 水产品中氯霉素、甲砒霉素、氟苯尼考、氟苯尼考胺多残留的同时测定—GC/MS 法[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(3): 137-141.

Shao H, Leng KL, Zhou MY, *et al.* Simultaneous determination of chloramphenicol, thiamphenicol, florfenicol and florfenicol amine residues in aquatic products with gas chromatography/mass spectrometry [J]. Prog Fish Sci, 2015, 36(3): 137-141.

[9] 梁晓聪, 王玮, 田丽, 等. 气相色谱-串联质谱法测定淡水鱼中氯霉素残留量[J]. 中国卫生检验杂志, 2015, 25(7): 940-942.

Liang XC, Wang W, Tian L, *et al.* Determination of chloramphenicol residues in fresh water fish by GC-MS/MS [J]. Chin J Health Lab Technol, 2015, 25(7): 940-942.

[10] 王安伟, 覃锐, 刘天密, 等. 高效液相色谱法检测罗非鱼中氯霉素的残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(7): 1665-1668.

Wang AW, Qin R, Liu TM, *et al.* Determination of chloramphenicol residues in tilapia by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(7): 1665-1668.

[11] 占春瑞, 郭平, 陈振桂, 等. 超高效液相色谱法测定水产品中甲砒霉素和氟甲砒霉素残留[J]. 分析化学, 2008, 36(4): 525-528.

Zhan CR, Guo P, Chen ZG, *et al.* Determination of thiamphenicol and florfenico residues in aquatic products by ultra performance liquid chromatography [J]. Chin J Anal Chem, 2008, 36(4): 525-528.

[12] 彭涛, 李淑娟, 储晓刚, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定虾中氯霉素、甲砒霉素和氟甲砒霉素残留量[J]. 分析化学, 2005, 33(4): 463-466.

Peng T, Li SJ, Chu XG, *et al.* Simultaneous determination of residues of chloramphenicol, thiamphenicol and florfenicol in shrimp by high

- performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2005, 33(4): 463–466.
- [13] 张凤清, 王岩松, 范世华, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定动物肌肉组织中氯霉素、甲砒霉素和氟苯尼考残留量[J]. *食品科学*, 2010, 30(12): 1329–1337.
- Zhang FQ, Wang YS, Fan SH, *et al.* High performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric determination of chloramphenicol, thiamphenicol and florfenicol residues in animal muscles [J]. *Food Sci*, 2010, 30(12): 1329–1337.
- [14] Vasilij A, Anton K. A simple sample preparation for simultaneous determination of chloramphenicol and its succinate esters in food products using high-performance liquid chromatography/high-resolution mass spectrometry [J]. *Food Addit Contam A*, 2017, 34(2): 211–217.
- [15] Tomasz Ś, Małgorzata G, Andrzej P. Analytical strategy for determination of chloramphenicol in different biological matrices by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. *J Vet Res*, 2017, (61): 321–327.
- [16] 柯庆青, 李诗言, 周凡, 等. 基于通过型固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法同时测定水产品中的氯霉素和红霉素[J]. *食品科学*, 2017, 38(24): 241–246.
- Ke QQ, Li SY, Zhou F, *et al.* Simultaneous determination of chloramphenicol and erythromycin residues in aquatic products by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry with oasis prime hlb solid phase extraction cleanup [J]. *Food Sci*, 2017, 38(24): 241–246.
- [17] Posyniak A, Zmudzki J, Niedzielska J. Evaluation of sample preparation for control of chloramphenicol residues in porcine tissues by enzyme-linked immunosorbent assay and liquid chromatography [J]. *Anal Chim Acta*, 2003, 483(1/2): 307–311.
- [18] 沈美芳, 赵文亚, 费志良, 等. 用酶联免疫法测定水产品中氯霉素的残留量[J]. *南京师范大学学报: 工程技术版*, 2003, 3(2): 1–4.
- Shen MF, Zhao WY, Fei ZL, *et al.* Enzyme linked immuno sorbent assay (ELISA) for quantitative analysis of chloramphenicol residues in aquatic products [J]. *J Nanjing Norm Univ (Eng Technol)*, 2003, 3(2): 1–4.
- [19] 庄宛, 叶玫. 动物性食品中氯霉素(CAP)残留检测方法概述[J]. *福建畜牧兽医*, 2004, 26(1): 8–9.
- Zhuang W, Ye M. Overview of determination methods of chloramphenicol (CAP) residues in animal food [J]. *Fujian Anim Husb Vet Med*, 2004, 26(1): 8–9.
- [20] GB/T 20756-2006 可食动物肌肉、肝脏和水产品中氯霉素、甲砒霉素和氟苯尼考残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].
- GB/T 20756-2006 Method for the determination of chloramphenicol, thiamphenicol, and florfenicol residues in edible animal muscles, liver and aquatic products-LC-MS-MS method [S].

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



王一晨, 工程师, 主要研究方向为食用农产品检测。
E-mail: 455589269@qq.com



吴学贵, 工程师, 主要研究方向为水产品质量与安全。
E-mail: 412992054@qq.com