

超高效液相色谱-串联质谱法测定鸡组织和牛组织中的甲苄喹啉和癸氧喹酯

林 黎, 康海宁*, 肖陈贵, 沈金灿, 叶 刚

(深圳出入境检验检疫局食品检验检疫技术中心 深圳市食品安全检测技术研发重点实验室, 深圳 518045)

摘 要: **目的** 建立超高效液相色谱-串联质谱检测鸡组织和牛组织中甲苄喹啉和癸氧喹酯残留的检测方法。**方法** 样品采用乙腈提取, 亲水-亲脂平衡介质固相萃取柱(hydrophile-lipophile balance, HLB) 净化, 超高效液相色谱-串联质谱仪检测, 外标法定量。**结果** 甲苄喹啉和癸氧喹酯在 0.005~0.250 mg/kg 范围内线性关系良好, 相关系数均大于 0.999, 方法定量限为 0.01 mg/kg, 平均回收率范围为 77.0%~110%, 相对标准偏差范围为 1.36%~12.4%。**结论** 本方法简便、快速、准确、灵敏度高, 适用于鸡组织和牛组织中甲苄喹啉和癸氧喹酯残留的检测与确证。

关键词: 甲苄喹啉; 癸氧喹酯; 超高效液相色谱-串联质谱法; 鸡肉组织; 牛肉组织

Determination of nequinat and decoquinat residues in chicken tissues and bovine tissues by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

LIN Li, KANG Hai-Ning*, XIAO Chen-Gui, SHEN Jin-Can, YE Gang

(Key Laboratory of Detection Technology R & D on Food Safety, Food Inspection and Quarantine Center, Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenzhen 518045, China)

ABSTRACT: Objective To develop a method for determination of nequinat and decoquinat residues in chicken tissues and bovine tissues by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). **Methods** The residues of nequinat and decoquinat in the test sample were extracted with acetonitrile. The extraction was cleaned with hydrophile-lipophile balance (HLB) cartridge. The residues were determined by UPLC-MS/MS, using external standard method. **Results** The limits of quantification were 0.010 mg/kg for nequinat and decoquinat, the standard curves were linear in the range of 0.005~0.250 mg/kg, with the correlation coefficients >0.999. The average recovery was between 77.0%~110%, the RSD was between 1.36%~12.4%. **Conclusion** This method is rapid, simple, precise, and sensitive for both confirmation and quantification of nequinat and decoquinat residues in chicken tissues and bovine tissues.

KEY WORDS: nequinat; decoquinat; ultra performance liquid chromatography-mass spectrum spectrometry; chicken tissues; bovine tissues

基金项目: 出入境检验检疫行业标准资助计划(2007B903), 国家质检总局科技计划项目(2012IK186)

Fund: Supported by the Entry-Exit Inspection and Quarantine Industry Standard Scheme (2007B903), the Scientific and Technological Project of the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2012IK186)

*通讯作者: 康海宁, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量安全检测。E-mail: hnkang1105@sina.com

*Corresponding author: KANG Hai-Ning, Senior Engineer, Food Inspection and Quarantine Center, Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, No.1011, Fuqiang Road, Futian District, Shenzhen 518045, China. E-mail: hnkang1105@sina.com

1 引言

甲苄喹啉和癸氧喹酯同属于喹啉类抗球虫药物, 分子结构式见图1。喹啉类抗球虫药在抗球虫药物中开发较早, 药效较好, 至今有几种药物还添加在饲料中, 用以防止及治疗球虫病^[1]。这类抗球虫药具有毒性低、耐受性好、代谢快的优点, 应用越来越广泛。它们都是通过阻断球虫线粒体内细胞色素系统中的电子传递过程而起到抗虫作用^[2]。甲苄喹啉的抗球虫效力较强, 是癸氧喹酯的两倍。癸氧喹酯是全球唯一被日本、欧盟、美国、中国政府批准使用的化学型抗球虫药, 与目前中国允许使用的兽药饲料添加剂无任何配伍禁忌。尽管这类抗球虫药物的毒性较低, 但抗球虫药物的使用易导致球虫出现抗药性, 畜牧生产中使用抗球虫药物有加大剂量的倾向。为保障动物源食品的食用安全, 国内外对多数抗球虫药物制定了残留限量, 并对动物性食品中抗球虫药物残留加强监控。美国、加拿大、日本对不同产品中甲苄喹啉和癸氧喹酯最大残留限量都做了规定。日本的要求最为严格, 为0.1 mg/kg。我国农业部235号公告^[3]中规定了癸氧喹酯在牛、山羊中仅限于口服使用, 产奶动物禁用, 无需制定残留限量; 对于鸡产品, 规定了其在皮和肉中的最高残留限量为1 mg/kg, 其他可食组织中的最高残留限量为2 mg/kg。甲苄喹啉在我国尚未被批准使用, 因此尚未制定相关残留限量。

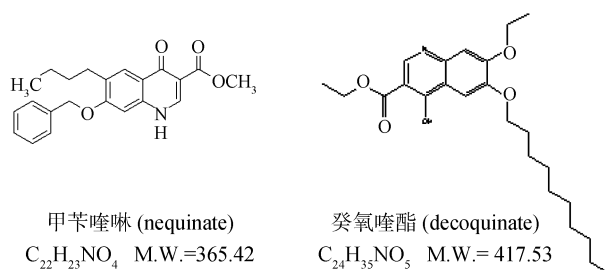


图1 甲苄喹啉和癸氧喹酯的分子结构式

Fig. 1 The structural formula of nequinate and decoquinate

近年来, 液相色谱-串联质谱检测技术已成为兽药残留检测的主要手段之一^[4], 采用液相色谱串联质谱法测定抗球虫药物残留也有不少文献报道, 主要针对鸡肉^[5,6]、鸡蛋^[7,8]、牛肉^[9], 还有文献报道了鸡皮及脂肪^[10], 鸡的排泄物^[11]中抗球虫药物残留的检测等。但对肝脏、肾脏等复杂基质中抗球虫药物残留检

测的研究较少, 且鲜有同时检测甲苄喹啉和癸氧喹酯的文献报道。本研究采用超高效液相色谱-串联质谱 (ultra performance liquid chromatography-mass spectrum spectrometry) 检测技术, 研究建立动物肌肉、肝肾组织和鸡蛋、牛奶等多种基质中甲苄喹啉和癸氧喹酯残留的测定方法, 具有灵敏度高、选择性强的优点, 为鸡组织和牛组织中喹啉类抗球虫药物的检测提供技术支持。

2 材料与方法

2.1 仪器和试剂

超高效液相色谱-串联四极杆质谱仪, 配电喷雾离子源(美国 Waters 公司); Acquity BEH C₁₈ 色谱柱 (50 mm×2.1 mm i.d., 1.7 μm, 美国 Waters 公司); Oasis HLB 固相萃取柱(60 mg, 3 mL, 美国 Waters 公司); 漩涡振荡仪(德国 Heidolph 公司); 离心机(德国 Sigma 公司); 氮吹浓缩仪(美国 Caliper 公司); 漩涡振荡混合器(美国 Thermo 公司)。

甲醇、乙腈、正己烷、甲酸、乙酸铵均为色谱纯, 购自德国 Merck 公司; 实验用水为 Milli-Q 超纯水。标准物质甲苄喹啉和癸氧喹酯均购自德国 Dr.Ehrenstorfer 公司, 纯度>97%。

鸡肉、鸡肝、鸡肾、鸡蛋、牛肝、牛奶样品均为本地市售。

2.2 液相色谱与质谱条件

色谱柱: Acquity BEH C₁₈ 色谱柱(50 mm×2.1 mm i.d., 1.7 μm); 柱温: 40 °C; 进样量: 10 μL; 流动相: A: 0.005 mol/L 乙酸铵水溶液(含 0.05% 甲酸); 流动相 B: 乙腈。梯度洗脱程序: 0~2.5 min, 20% 流动相 B; 2.5~3.5 min, 流动相 B 线性增至 90%, 保持 0.1 min; 3.5~3.6 min, 流动相 B 线性降至 20%, 并保持 2 min。流速: 0.30 mL/min。

电喷雾电离正离子模式 (ESI+): 多反应监测 (MRM); 分辨率: 单位分辨率; 电喷雾电压: 3000 V; 辅助气流速: 700 L/h; 碰撞气: 氩气; 幕帘气流速: 50 L/h; 离子源温度: 105 °C; 辅助气温度: 350 °C。

2.3 样品的处理

称取均质样品 5 g (精确至 0.01 g) 于 50 mL 具塞离心管中, 加入 15 mL 乙腈, 漩涡混和 1 min, 往复振荡提取 5 min, 4500 r/min 离心 5 min, 上清液转移

至另一 50 mL 离心管中。残渣加入 10 mL 乙腈, 重复提取 1 次, 4500 r/min 离心 5 min, 合并乙腈层。在乙腈提取液中加入过量氯化钠, 旋涡混匀 1 min, 4500 r/min 离心 3 min。取上层乙腈层 5 mL 于 15 mL 离心管中, 45 ℃ 水浴下吹氮浓缩至 3 mL, 加水定容至 10 mL, 过 HLB 固相萃取小柱净化, HLB 固相萃取柱使用前用 5 mL 甲醇、5 mL 水活化, 控制流速约 1 mL/min。再依次用 3 mL 30%乙腈水溶液和 3 mL 水淋洗小柱, 真空泵抽干后用 3 mL 乙腈洗脱, 收集至 15 mL 离心管中, 45 ℃ 下吹氮浓缩至近干。用 1 mL 初始流动相溶解, 过 0.22 μm 有机滤膜, 超高效液相色谱-串联质谱仪测定。

3 结果与分析

3.1 提取条件的选择

甲苄喹啉和癸氧喹酯两个化合物均属于喹啉类抗球虫药, 但是化学性质差异较大, 因此提取溶剂的选择要兼顾两者的提取效率。本方法比较了甲醇、乙腈、乙酸乙酯、丙酮等不同提取溶剂的提取效果。采用甲醇提取的极性杂质较多, 而乙酸乙酯和丙酮易将样品中的脂肪提取出来, 给下一步的净化带来困难。实验结果表明, 采用乙腈提取的效果最好, 因此选用乙腈作为提取溶剂。

3.2 净化条件的选择和优化

比较了 5 种固相萃取柱的提取效率和净化效果, 结果见表 1。实验表明, 甲苄喹啉和癸氧喹酯在硅胶柱上的回收非常低, 硅胶柱不适合用于甲苄喹啉和癸氧喹酯的净化。在 HLB 和 C₁₈ 柱上具有较好的回收, 尤以 Oasis HLB 对两种化合物的净化效果最理想, 并且可以获得较高的回收率。因此, 选用 Oasis HLB 作为样品净化柱。

不同比例的上柱溶液对化合物的回收率也有一定的影响, 方法分别比较了 10%、20%、30%、40%、

50%、60%、70%和 80%乙腈水溶液作为上柱液和淋洗液的回收效果, 如图 2 和图 3 所示, 结果表明上柱液中有有机相比例为 10%的时候, 癸氧喹酯的回收很低。随着有机相比例的逐渐增大, 甲苄喹啉和癸氧喹酯的回收率都有所提高, 当有机相比例增大到 50%的时候, 甲苄喹啉的保留变差。随着有机相比例的继续增大, 两种目标化合物在柱上几乎没有保留。综上所述, 选择 30%乙腈水溶液作为上柱液和淋洗液可以得到理想的回收效果。本研究还比较了 1、2、3、4、5、6 和 7 mL 的乙腈作洗脱溶液, 结果表明, 3 mL 的乙腈已经足够把吸附在柱上的目标物洗脱下来, 因此采用 3 mL 乙腈作为洗脱溶液。

3.3 仪器条件的优化

比较了 Acquity BEH C₁₈(50 mm×2.1 mm *i.d.*, 1.7 μm), 和 Acquity BEH C₈(50 mm×2.1 mm *i.d.*, 1.7 μm) 两种色谱柱对甲苄喹啉和癸氧喹酯的分离效果, 结果发现, Acquity BEH C₁₈ 分析柱对甲苄喹啉和癸氧喹酯的分离度较好。对比了甲醇-水、乙腈-水、甲醇-甲酸水溶液、乙腈-甲酸水溶液、甲醇-乙酸铵水溶液、乙腈-乙酸铵水溶液等不同的流动相体系, 实验表明, 乙腈-0.005 mol/L 乙酸铵水溶液(含 0.05%甲酸)做为流动相并采用梯度洗脱时, 甲苄喹啉和癸氧喹酯的仪器响应较高。因此, 选择 Acquity BEHC₁₈ 作为分析柱, 乙腈-0.005 mol/L 乙酸铵水溶液(含 0.05%甲酸)作为流动相。

分别取 5 μg/mL 甲苄喹啉和癸氧喹酯标准溶液, 以 30 μL/min 流速将它们注入离子源。得到分子离子峰, 优化锥孔电压, 使分子离子峰强度最大。再对分子离子进行二级质谱分析(子离子扫描), 甲苄喹啉和癸氧喹酯的二级质谱图见图 4。优化碰撞能量、毛细管电压、去溶剂气温度和去溶剂气流速, 确定最优参数。优化的质谱参数、MRM 离子对及其他质谱条件见表 2。

表 1 甲苄喹啉和癸氧喹酯在不同固相萃取柱上的回收率数据
Table 1 The data of different solid phase extraction of nequinatate and decoquinatate

化合物	化合物在不同柱子上的回收率(%)				
	Oasis HLB (60 mg, 3 mL)	Sep-pak C18 (200 mg, 3 mL)	SupelcoLC-18 (200 mg, 3 mL)	Bond Elut C18 (500 mg, 6 mL)	J.T.Baker 硅胶柱 (500 mg, 3 mL)
甲苄喹啉	95.0	82.7	84.1	95.0	<50
癸氧喹酯	90.0	75.9	82.6	75.7	<50

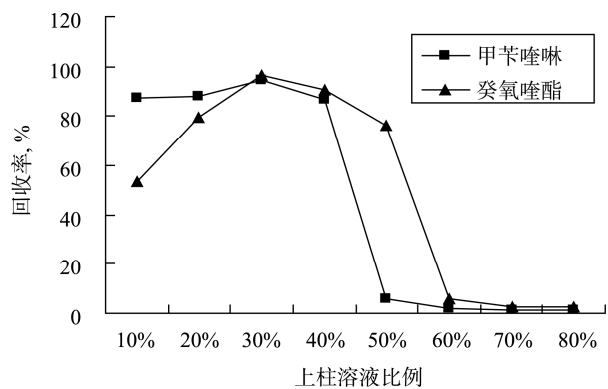


图 2 不同比例乙腈水溶液作为上柱液和淋洗液的回收效果

Fig. 2 Different proportion in acetonitrile solution as a liquid column and recycling effect of eluent

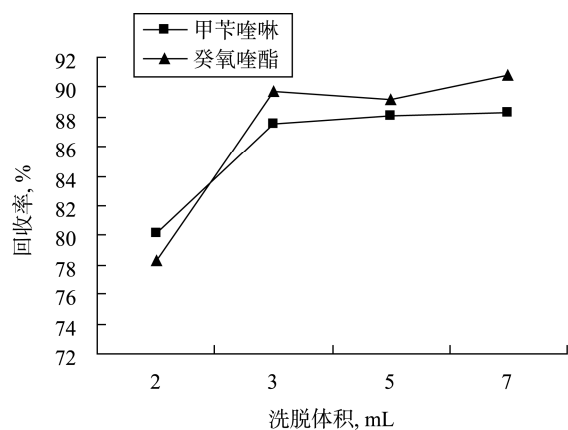


图 3 甲苄喹啉和癸氧喹酯的洗脱曲线

Fig. 3 The elution curve of nequinate and decoquinate

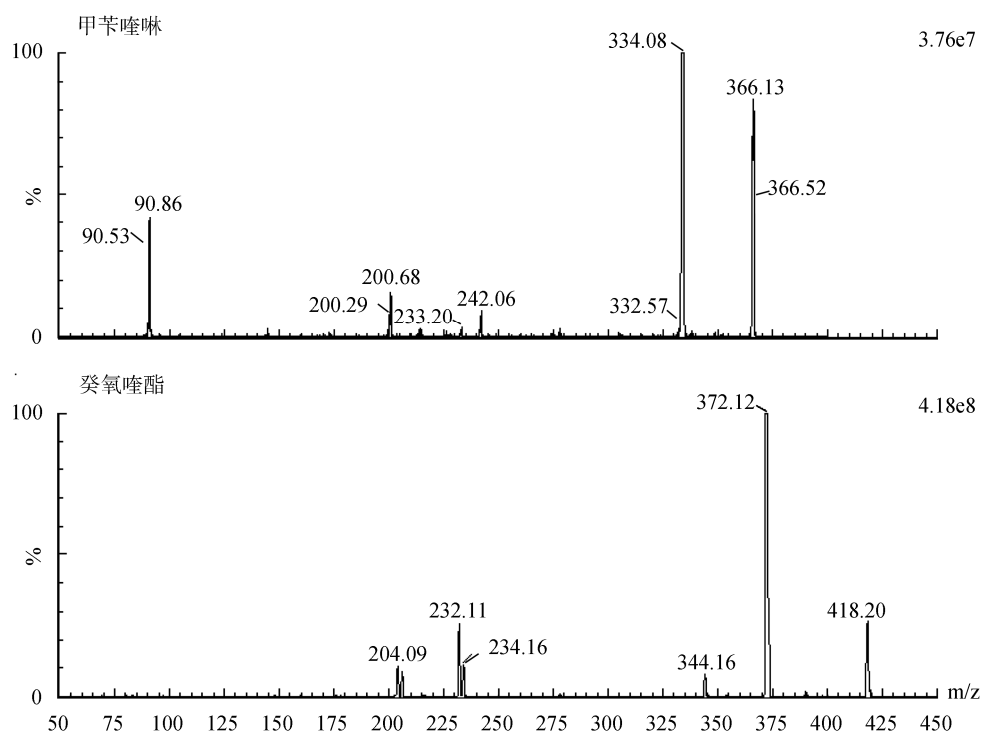


图 4 甲苄喹啉和癸氧喹酯的二级质谱图

Fig. 4 Secondary mass spectrum of nequinate and decoquinate

表 2 甲苄喹啉和癸氧喹酯测定的质谱参数
Table 2 MS parameters of nequinate and decoquinate

化合物	参考保留时间(min)	母离子	子离子	采集时间(s)	锥孔电压(V)	碰撞能量(eV)
甲苄喹啉	2.25	366.3	334.1 [*]	0.1	40	22
			91.0			33
癸氧喹酯	2.99	418.1	372.2 [*]	0.1	52	26
			204.0			42

^{*}为定量离子

3.4 样品的基质效应

由于样品基质复杂, 易对电喷雾电离离子源产生影响, 抑制离子化。为消除样品基质效应, 采用在空白样品中添加标准, 样品提取液作为标准溶液可使标准和样品溶液具有同样的离子化条件, 从而降低基质的影响。

3.5 线性范围和定量限

在不同基质空白中添加甲苄喹啉和癸氧喹酯的标准溶液, 按本研究“2.3”制备浓度分别为 0.005、0.010、0.050、0.100 和 0.250 mg/kg 的基质混合标准工作溶液, 按本研究“2.2 液相色谱与质谱条件”进行测定, 以峰面积为纵坐标, 各化合物的浓度为横坐标建立标准曲线, 回归方程、线性范围和相关系数见表 3。

甲苄喹啉和癸氧喹酯的定量限(LOQ)均为 0.01 mg/kg。

3.6 回收率和精密度

在鸡肉、鸡肝、鸡肾、鸡蛋、牛肝、牛奶阴性样品中添加不同浓度水平的甲苄喹啉和癸氧喹酯, 每个浓度水平重复测定 6 次, 测得甲苄喹啉和癸氧喹酯的平均回收率和相对标准偏差数据见表 4。甲苄喹啉和癸氧喹酯回收率范围为 77.0%~110%, 相对标准偏差为 1.36%~12.4%, 方法的回收率和精密度良好。在目标化合物出峰位置没有杂质峰干扰测定, 方法的特异性可以满足检测要求。甲苄喹啉和癸氧喹酯标准溶液的多反应监测(MRM)色谱图见图 5, 空白鸡肝和加标鸡肝样品中甲苄喹啉和癸氧喹酯的多反应监测(MRM)色谱图见图 6, 7。

表 3 不同基质中家苄喹啉和癸氧喹酯的线性范围、回归方程和相关系数
Table 3 Linear range, regression equations and correlation coefficients of nequinatate and decoquinatate in different matrix

基质	化合物	线性范围(mg/kg)	回归方程	相关系数(R)
鸡肉	甲苄喹啉	0.005~0.250	Y=3237.13X+2787.33	0.9996
	癸氧喹酯	0.005~0.250	Y=4626.43X +2703.13	0.9992
鸡肝	甲苄喹啉	0.005~0.250	Y=2077.42X +3618.07	0.9991
	癸氧喹酯	0.005~0.250	Y=3380.61X +11766.2	0.9994
鸡肾	甲苄喹啉	0.005~0.250	Y=2798.91X -478.36	0.9993
	癸氧喹酯	0.005~0.250	Y=2682.18X +1904.49	0.9999
鸡蛋	甲苄喹啉	0.005~0.250	Y=2906.72X +9279.94	0.9994
	癸氧喹酯	0.005~0.250	Y=8464.73X +3069.01	0.9999
牛肝	甲苄喹啉	0.005~0.250	Y=2978.25X +3864.95	0.9999
	癸氧喹酯	0.005~0.250	Y=5399.98X -6616.76	0.9997
牛奶	甲苄喹啉	0.005~0.250	Y=4343.90X +2096.03	0.9999
	癸氧喹酯	0.005~0.250	Y=8138.01X +8689.29	0.9999

表 4 添加回收率数据(n=6)
Table 4 Recovery ranges and RSDs of nequinatate and decoquinatate (n=6)

基质	添加水平(mg/kg)	甲苄喹啉		癸氧喹酯	
		回收率(%)	RSD (%)	回收率 (%)	RSD (%)
鸡肉	0.010	96.4~105	2.61	77.3~105	12.4
	0.100	98.9~105	1.95	96.4~102	1.78
	1.00	78.9~84.9	2.47	80.2~88.9	3.24
	2.00	79.0~88.0	3.14	77.0~84.5	2.76
鸡肝	0.010	85.0~105	7.89	81.8~110	7.01
	0.100	91.0~108	5.03	89.3~108	6.95
	1.00	91.7~96.7	1.36	91.3~102	1.70
	2.00	85.0~90.0	1.59	91.5~98.0	2.74

续表 4

基质	添加水平(mg/kg)	甲苄喹啉		癸氧喹酯	
		回收率(%)	RSD (%)	回收率 (%)	RSD (%)
鸡肾	0.010	91.7~108	5.24	81.8~110	10.8
	0.100	84.5~91.8	3.03	89.3~108	7.69
	1.00	87.2~97.8	4.60	91.3~102	3.69
	2.00	87.0~95.0	2.85	91.5~98.0	2.35
鸡蛋	0.010	89.0~104	5.54	92.0~109	5.77
	0.100	101~109	2.66	87.3~101	5.01
	1.00	89.7~101	3.56	89.4~105	5.48
	2.00	92.0~102	3.69	85.0~91.0	2.05
牛肝	0.010	89.1~101	4.30	85.0~107	6.97
	0.100	98.4~107	3.02	83.2~102	6.98
	0.200	96.5~104	2.56	78.0~95.7	6.74
牛奶	0.010	93.7~107	4.72	101~110	3.62
	0.100	92.4~99.0	2.19	83.2~102	1.45
	0.200	101~108	2.17	78.0~95.7	3.62

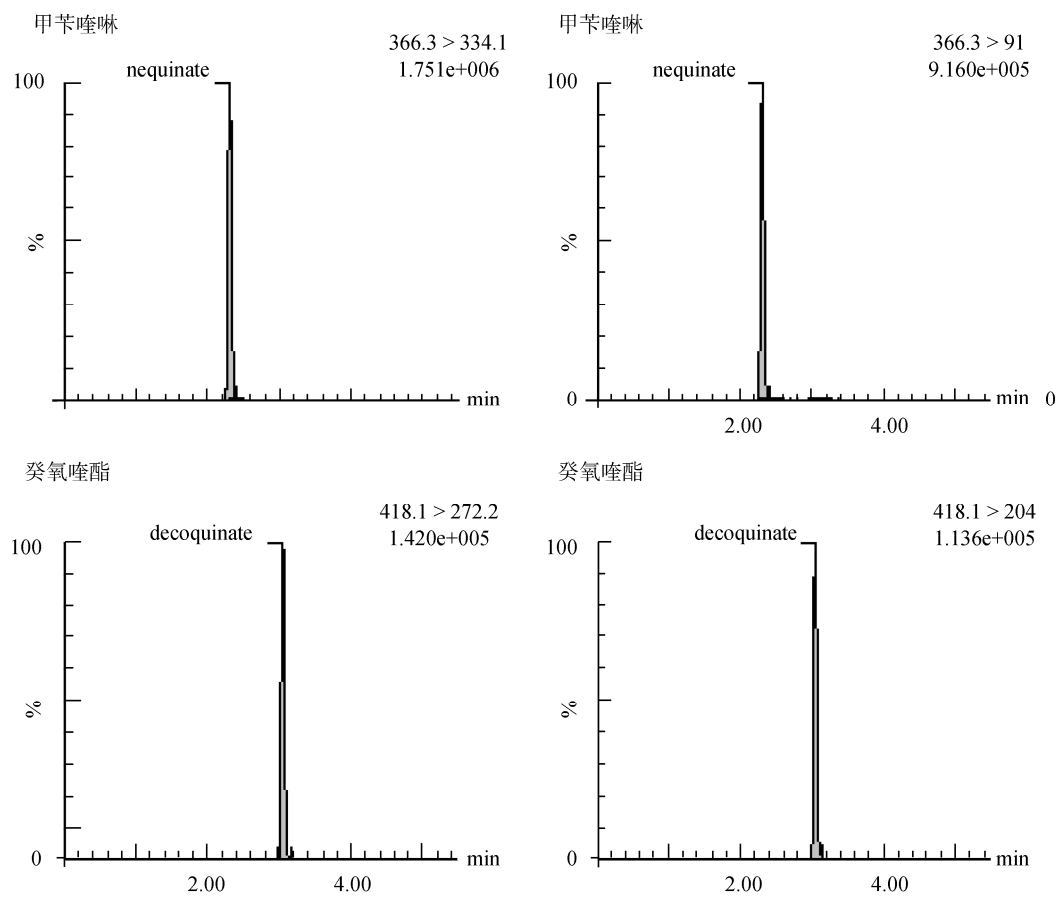


图 5 甲苄喹啉和癸氧喹酯 0.01 mg/L 标准溶液的多反应监测色谱图
Fig. 5 MRM chromatogram of nequinate and decoquinate standard solution (0.01 mg/L)

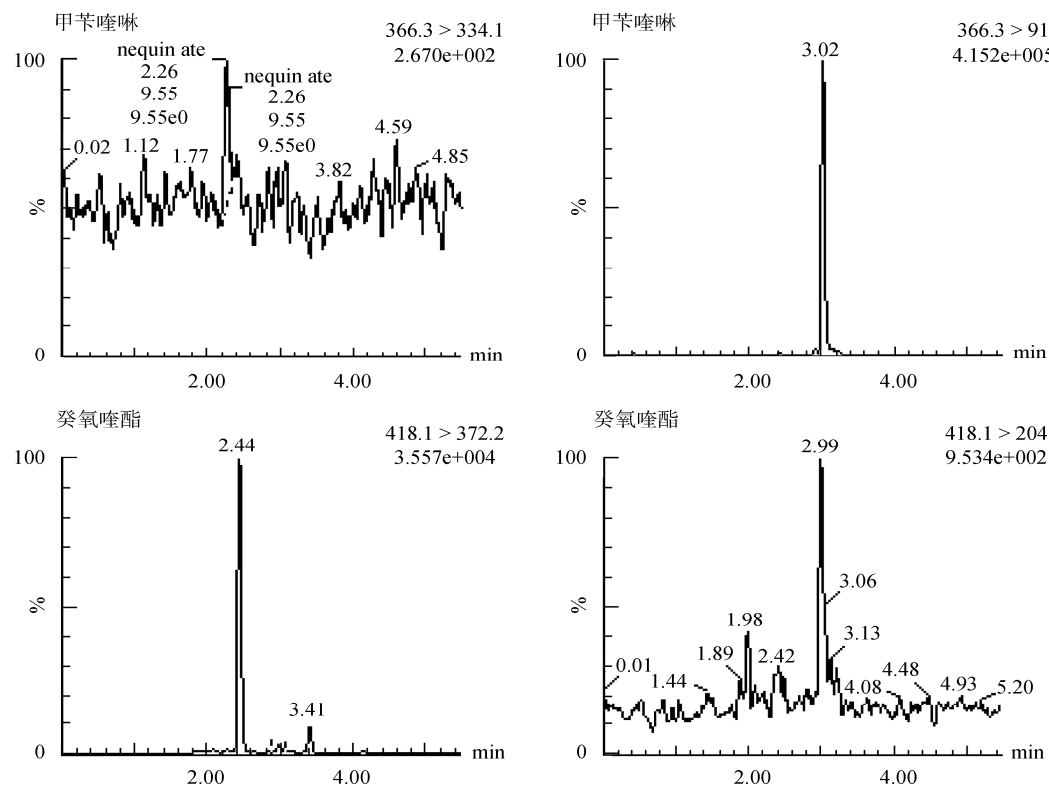


图 6 空白鸡肝样品的多反应监测色谱图
Fig. 6 MRM chromatogram of chicken liver (blank)

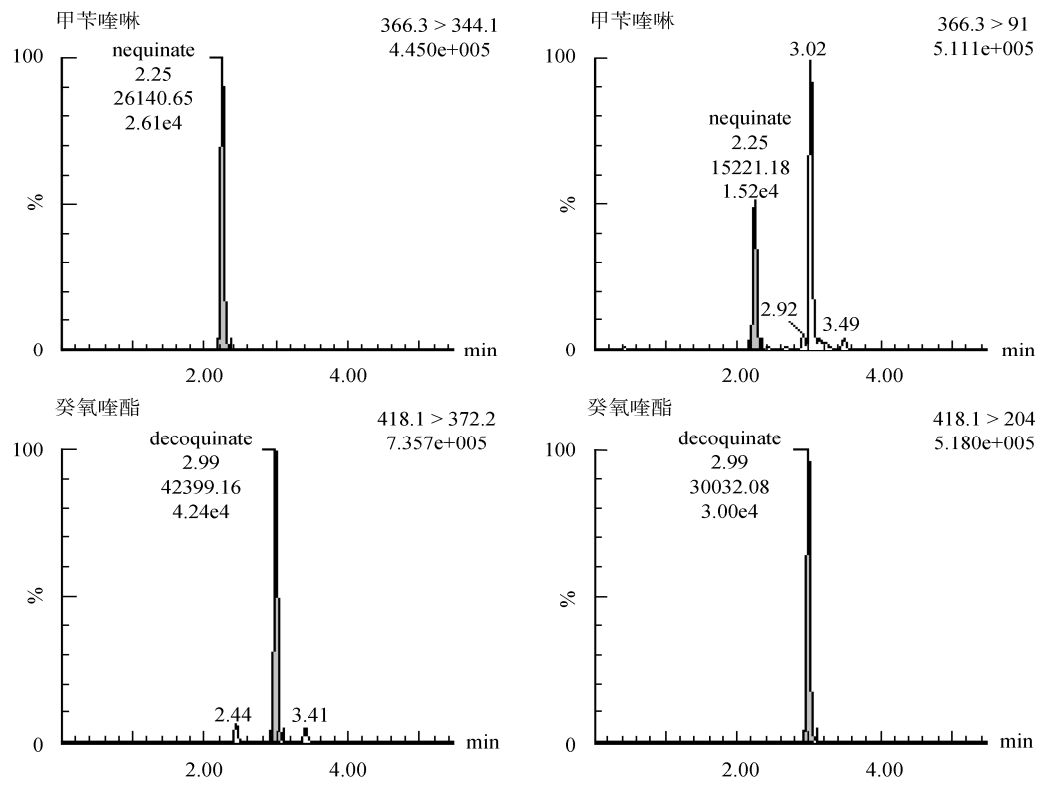


图 7 加标浓度为 0.01 mg/kg 的鸡肝样品的多反应监测色谱图
Fig. 7 MRM chromatogram of spiked chicken liver (0.01 mg/L)

4 结 论

本研究建立了超高效液相色谱-串联质谱同时检测鸡组织和牛组织中甲苯喹啉和癸氧喹酯残留的方法。样品采用乙腈提取, HLB 固相萃取柱净化, 外标法定量。经实验验证, 方法简便、快速、准确、灵敏度高, 适用于鸡组织和牛组织中甲苯喹啉和癸氧喹酯残留的检测与确证。

参考文献

- [1] 陈瑞清, 俞道进, 陈锋, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定鸡肉组织中癸氧喹酯残[J]. 色谱, 2010, 10(28): 997-1000.
Chen RQ, Yu DJ, Chen F, *et al.* Determination of decoquinat in chicken meat by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2010, 10(28): 997-1000.
- [2] 岳振峰, 康海宁, 陈小霞, 等. 液相色谱串联质谱法测定鸡肉中 20 种抗球虫药物多残留[J]. 分析化学, 2012, 8(40): 1262-1266.
Yue ZF, Kang HN, Chen XX, *et al.* Simultaneous determination of 20 coccidiostat residues in chicken by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Anal Chem, 2012, 8 (40): 1262-1266.
- [3] 中华人民共和国农业部第 235 号公告 [EB/OL]. www.moa.gov.cn.
MOA Announcement No. 235 of the People's Republic of China [EB/OL]. www.moa.gov.cn.
- [4] Dubois MG, Pierret PD. Efficient and sensitive detection of residues of nine coccidiostats in egg and muscle by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry [J]. J Chromat B, 2004, 813: 181-189.
- [5] 施祖灏, 张小燕, 卜土金, 等. 高效液相色谱-串联质谱法检测鸡肉中 9 种化学合成类抗球虫药多残留[J]. 色谱, 2012, 9(30): 883-888.
Shi ZH, Zhang XY, Bu SJ, *et al.* Simultaneous extraction and determination of nine chemically synthetic anticoccidial drug multi-residues in chicken meat using high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2012, 9(30): 883-888.
- [6] 毕言锋, 徐倩, 王树槐, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定鸡肉中的 4 种聚醚类抗球虫药物残留[J]. 分析实验室, 2009, 7(28): 17-21.
Bi YF, Xu Q, Wang SH, *et al.* Simultaneous determination of four polyethers coccidiostats in chicken muscles using ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Chin J Anal Lab, 2009, 7(28): 17-21.
- [7] 李银生, 王秀红. 液相色谱串联质谱法同时测定鸡肉或鸡蛋中常见抗球虫类药物残[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2011, 6(29): 16-23.
Li YS, Wang XH. Determination of normal used anticoccidial drug residues in chicken or eggs by liquid chromatography combined with tandem-mass spectrometry [J]. J Shanghai Jiaotong Univ: Agr Sci, 2011, 6(29): 16-23.
- [8] 王中艳, 罗浩师, 张丽芳, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定鸡蛋中癸氧喹酯的残留[J]. 中国农学通报, 2013, 29(8): 21-25.
Wang ZY, Luo HS, Zhang LF, *et al.* Residue determination of decoquinat in eggs by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin Agr Sci Bull, 2013, 29(8): 21-25.
- [9] 李丹, 孙雷, 毕言锋, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定鸡肉和牛肉中五种常用抗球虫药[J]. 中国兽药杂志, 2013, 47(4): 38-41.
Li D, Sun L, Bi YF, *et al.* Determination of five coccidiostats in chicken and beef by UPLC-MS/MS [J]. Chin J Vet Med, 2013, 47(4): 38-41.
- [10] 王盈予, 夏曦, 李晓薇, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定鸡皮及脂肪组织中抗球虫类药物残留[J]. 分析化学, 2014, 3(42): 409-414.
Wang YY, Xia X, Li XW, *et al.* Ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric method for determination of coccidiostats in chicken skin and fat [J]. Chin J Anal Chem, 2014, 3(42): 409-414.
- [11] 陈瑞清, 黄小红, 俞道进, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定鸡粪中癸氧喹酯的残留量[J]. 福建农林大学学报: 自然科学版, 2011, 11(40): 525-529.
Chen RQ, Huang XH, Yu DJ, *et al.* Determination of decoquinat in chicken excreta by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Fujian Agr Forest Univ: Nat Sci, 2011, 11(40): 525-529.

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



林 黎, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量安全检测。
E-mail: linli1103@163.com



康海宁, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量安全检测。
E-mail: hnkang1105@sina.com