

水中抗生素残留的测定

SGLC-LC/MS-021

摘要：本研究建立了自来水中 44 个抗生素残留同时测定的方法。采用岛津的 InertSep HLB 产品对自来水样品进行净化富集，Shim-pack GIST C18 色谱柱进行分离，串联质谱 LCMS-8050 检测分析。对空白样品进行 2.0 ng/L 和 20.0 ng/L 浓度加标后，按照上述前处理方法处理后上机，平行 3 份样品考察回收率和 RSD，具体结果如下：2.0 ng/L 加标浓度的加标回收率为 61.4%-115.5%，RSD 为 2.19%-16.60%；20.0 ng/L 加标浓度的加标回收率为 61.20%-115.8%，RSD 为 1.58%-13.07%，回收率高，重现性好。该方法适用于水中喹诺酮类、磺胺类、硝唑类、大环内酯类和氯霉素类等抗生素残留的同时测定。

关键词：InertSep HLB 抗生素 自来水 LC-MSMS

1. 实验部分

1.1 实验仪器及耗材

仪器配置：Shimadzu LC-30A 与 LCMS-8050 联用系统；

色谱柱：Shim-pack GIST C18, 100×2.1 mm, 2 μm (P/N: 227-30001-04)；

固相萃取小柱：InertSep HLB 200 mg/6mL (P/N: 5010-81976) ；

SHIMSEN Arc Disc HPTFE 针式过滤器 (P/N: 380-00341-05) ；

LC/MS 认证样品瓶 LabTotal Vial (P/N: 227-34001-01) ；

SHIMSEN Pipet 移液枪：SHIMSEN Pipet PMII-10 (P/N: 380-00751-02) ；

SHIMSEN Pipet PMII-100 (P/N: 380-00751-04) ；

SHIMSEN Pipet PMII-1000 (P/N: 380-00751-06) 。

1.2 分析条件

UHPLC 条件

色谱柱：Shim-pack GIST C18, 100×2.1 mm, 2 μm (P/N: 227-30001-04)

流 速：0.3 mL/min

进样量：5 μL

柱 温：40 °C

流动相： A: 0.1%甲酸水 B: 甲醇

梯度洗脱程序如下：

时间 (Min)	0	3	8	11	12	15
A (%)	90	80	65	5	90	90
B (%)	10	20	35	95	10	10

质谱条件

离子化模式: ESI, 正离子扫描

扫描模式: 多反应监测(MRM)

碰撞气: 氩气

加热气: 氮气 10 L/min

雾化气: 氮气 3 L/min

干燥气: 氮气 10 L/min

接口温度: 300℃

DL 温度: 250 ℃

加热模块温度: 400 ℃

延迟时间: 1 ms

各化合物 MRM 参数见下表

序号	兽药	前体离子	产物离子	Q1 Pre Bias	CE	Q3 Pre Bias
1	磺胺醋酰	215.0	156.0	-10	-11	-27
		215.0	92.2	-11	-24	-14
2	甲硝唑	172.0	128.1	-11	-16	-20
		172.0	82.1	-11	-25	-30
3	地美硝唑	142.0	96.1	-12	-17	-15
		142.0	95.2	-12	-23	-15
4	磺胺异噁啉	279.0	124.1	-13	-22	-19
		279.0	186.0	-13	-17	-17
5	磺胺嘧啶	251.0	156.1	-12	-16	-26
		251.0	108.1	-12	-23	-17
6	磺胺噻唑	255.9	156.0	-12	-15	-26
		255.9	108.1	-12	-23	-16
7	替硝唑	247.9	121.1	-12	-16	-18
		247.9	128.1	-11	-21	-20
8	磺胺吡啶	249.9	156.0	-12	-16	-26
		249.9	108.1	-11	-25	-17
9	磺胺甲基噁啉	265.0	108.1	-12	-26	-17
		265.0	156.0	-12	-17	-13
10	甲氧苄啶	291.0	230.1	-10	-24	-22
		291.0	123.1	-10	-24	-19
11	麻保沙星	363.0	320.1	-10	-16	-13
		363.0	345.2	-10	-22	-21
12	氟罗沙星	369.9	326.3	-18	-19	-29
		369.9	269.2	-18	-27	-23
13	磺胺甲噻二唑	270.8	156.0	-12	-15	-25
		270.8	108.1	-13	-25	-17
14	氧氟沙星	361.9	318.2	-10	-20	-30
		361.9	261.1	-10	-28	-25

15	伊诺沙星	321.0	303.1	-11	-22	-30
		321.0	232.1	-11	-36	-22
16	培氟沙星	334.0	316.1	-15	-22	-30
		334.0	290.2	-15	-19	-28
17	磺胺甲氧哒嗪	281.0	156.0	-13	-17	-26
		281.0	108.1	-13	-26	-16
18	磺胺二甲嘧啶	279.0	186.0	-13	-18	-17
		279.0	124.1	-13	-24	-19
19	奥硝唑	219.8	128.1	-10	-16	-20
		219.8	82.1	-11	-30	-30
20	诺氟沙星	319.9	302.1	-11	-22	-30
		319.9	276.1	-10	-18	-27
21	环丙沙星	331.9	314.1	-11	-22	-30
		331.9	231.1	-11	-37	-22
22	磺胺对甲氧嘧啶	280.9	156.0	-10	-17	-14
		280.9	108.1	-10	-26	-16
23	磺胺氯哒嗪	284.9	156.1	-10	-15	-14
		284.9	108.1	-13	-25	-17
24	恩诺沙星	360.0	316.2	-10	-20	-30
		360.0	342.1	-10	-23	-21
25	达氟沙星	357.9	340.1	-10	-24	-21
		357.9	82.1	-10	-44	-30
26	洛美沙星	352.0	265.1	-10	-24	-25
		352.0	308.2	-10	-18	-30
27	磺胺甲恶唑	254.0	156.0	-12	-16	-25
		254.0	108.1	-12	-24	-17
28	奥比沙星	396.0	352.1	-11	-19	-22
		396.0	295.0	-11	-25	-29
29	双氟沙星	399.9	382.1	-11	-23	-24
		399.9	356.1	-11	-21	-15
30	磺胺间甲氧嘧啶	281.0	156.0	-13	-18	-14
		281.0	108.1	-13	-27	-17
31	沙拉沙星	386.0	368.1	-11	-23	-23
		386.0	342.1	-11	-20	-21
32	磺胺间二甲氧嘧啶	310.9	156.1	-11	-21	-26
		310.9	108.1	-11	-29	-17
33	磺胺邻二甲氧嘧啶	310.9	156.0	-14	-18	-25
		310.9	108.1	-11	-27	-17
34	斯帕沙星	393.0	349.1	-11	-21	-22
		393.0	292.1	-11	-26	-28

35	螺旋霉素	843.2	174.2	-22	-35	-29
		843.2	142.1	-22	-35	-12
36	替米考星	869.4	696.4	-20	-42	-32
		869.4	174.1	-20	-45	-30
37	磺胺喹恶林	300.8	156.0	-10	-17	-14
		300.8	108.0	-13	-26	-17
38	恶奎酸	262.0	244.0	-12	-20	-23
		262.0	216.0	-11	-29	-20
39	吉他霉素	772.2	109.0	-22	-42	-17
		772.2	174.1	-22	-31	-15
40	交沙霉素	828.3	109.0	-20	-45	-17
		828.3	174.2	-20	-33	-16
41	氟甲喹	261.9	244.1	-12	-20	-23
		261.9	202.0	-12	-33	-18
42	甲矾霉素	353.9	185.1	17	21	12
		353.9	290.1	17	13	14
43	氟苯尼考	355.9	336.1	18	11	12
		355.9	185.1	17	20	12
44	氯霉素	320.8	152.1	16	17	15
		320.8	257.1	16	11	12

*定量离子对

1.3 样品前处理

1.3.1 样品准备

精密量取样品 500 mL 于烧杯中，加 1.0 g Na₂EDTA，超声溶解，盐酸调 pH 至 4.0，待净化。

1.3.2 样品净化

InertSep HLB 500 mg/6 mL

5 mL 甲醇、5 mL 水活化，弃去流出液；待净化液以 5-7 mL/min 的流速上样，弃去流出液；6 mL 水以 5-7 mL/min 的流速清洗，弃去流出液；减压抽干小柱 10 min；5 mL 甲醇-乙酸乙酯（50：50）以 1-2 mL/min 的流速洗脱，收集流出液；将收集的洗脱液于 35℃ 下氮吹至 1 mL 以下，用 20% 甲醇水溶液定容至 1 mL，涡旋混匀，过 0.22 μm 微孔滤膜，供 LC-MS/MS 分析。流程图见图 1。

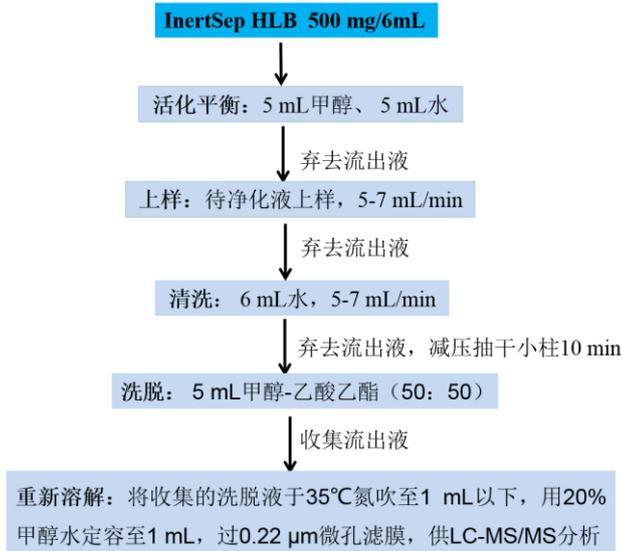
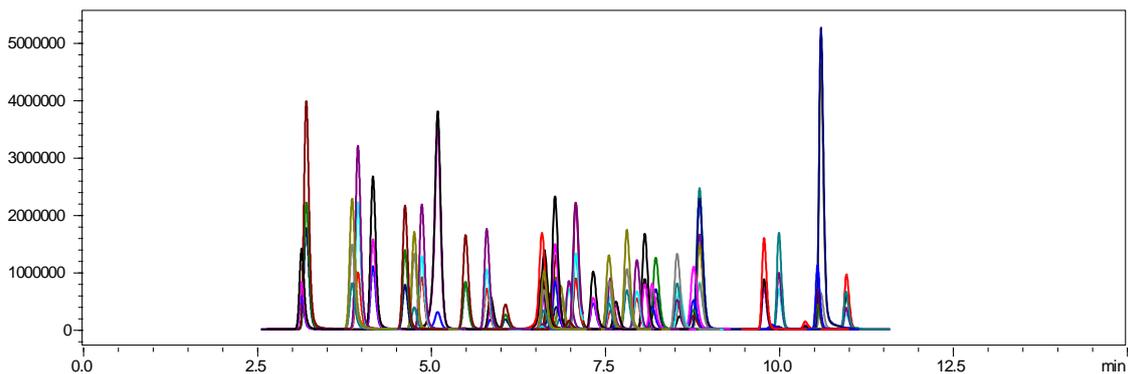


图 1 样品净化流程图

2. 结果及讨论

2.1 标准品的 MRM 色谱图



44 种兽药的 MRM 色谱图 (10 $\mu\text{g/L}$)

2.2 自来水中 44 种抗生素的 LC-MS/MS 检测添加回收结果

将空白样品进行 2.0 ng/L 和 20.0 ng/L 浓度加标后, 按照上述前处理方法处理后上机, 平行 3 份样品考察回收率和 RSD, 具体结果如下: 2.0 ng/L 加标浓度的加标回收率为 61.4%-115.5%, RSD 为 2.19%-16.60%; 20.0 ng/L 加标浓度的加标回收率为 61.20%-115.8%, RSD 为 1.58%-13.07%。

序号	兽药	添加水平 (2.0 ng/L)		添加水平 (20.0 ng/L)	
		回收率 (%)	RSD (%)	回收率 (%)	RSD (%)
1	磺胺醋酰	84.1	7.66	93.2	4.51
2	甲硝唑	88.9	3.12	101.4	5.07
3	地美硝唑	93.2	4.85	103.8	4.48
4	磺胺异嘧啶	75.5	6.91	61.2	3.32
5	磺胺嘧啶	79.0	8.39	79.3	2.34

6	磺胺噻唑	76.2	6.03	76.0	1.58
7	替硝唑	92.6	5.59	105.7	5.11
8	磺胺吡啶	73.6	10.17	78.3	3.74
9	磺胺甲基嘧啶	79.4	9.00	73.8	4.97
10	甲氧苄啶	89.5	4.36	93.0	4.46
11	麻保沙星	64.8	13.75	101.0	11.76
12	氟罗沙星	77.9	7.26	105.8	12.79
13	磺胺甲噻二唑	75.6	4.70	77.7	4.59
14	氧氟沙星	68.9	14.18	103.5	13.07
15	伊诺沙星	68.6	11.02	105.2	10.27
16	培氟沙星	68.4	9.88	105.1	12.72
17	磺胺甲氧哒嗪	76.9	11.68	75.5	4.16
18	磺胺二甲嘧啶	79.1	8.53	70.1	4.37
19	奥硝唑	95.8	3.00	106.0	5.13
20	诺氟沙星	69.2	16.60	107.1	10.51
21	环丙沙星	72.1	12.87	96.7	12.47
22	磺胺对甲氧嘧啶	77.7	9.64	72.5	4.00
23	磺胺氯哒嗪	77.0	6.00	76.7	4.96
24	恩诺沙星	68.9	8.29	115.8	12.01
25	达氟沙星	62.3	12.21	112.0	13.22
26	洛美沙星	75.4	7.56	93.4	13.14
27	磺胺甲恶唑	80.3	8.43	85.8	6.33
28	奥比沙星	88.1	8.09	88.0	8.35
29	双氟沙星	76.5	8.36	106.9	10.83
30	磺胺间甲氧嘧啶	75.5	9.08	76.5	3.94
31	沙拉沙星	81.2	15.96	87.6	11.57
32	磺胺间二甲氧嘧啶	75.8	2.79	67.0	5.31
33	磺胺邻二甲氧嘧啶	78.3	7.49	72.2	3.56
34	斯帕沙星	81.2	7.99	72.0	8.36
35	螺旋霉素	61.4	11.06	74.8	5.57
36	替米考星	64.4	5.98	80.4	2.99
37	磺胺奎恶啉	63.5	10.54	69.0	6.57
38	恶奎酸	91.5	6.63	96.9	3.32
39	吉他霉素	88.1	4.23	83.3	4.69
40	交沙霉素	83.4	7.24	76.6	4.32
41	氟甲奎	92.6	13.33	103.7	4.15
42	甲矾霉素	115.5	3.03	94.4	6.11
43	氟苯尼考	101.9	9.18	98.1	6.65
44	氯霉素	101.6	2.19	97.6	5.52

3. 结论

采用岛津的 InertSep HLB 产品对自来水样品进行净化富集, Shim-pack GIST C18 色谱柱进行分离, 串联质谱 LCMS-8050 检测分析。对空白样品进行 2.0 ng/L 和 20.0 ng/L 浓度加标后, 按照上述前处理方法处理后上机, 平行 3 份样品考察回收率和 RSD, 具体结果如下: 2.0 ng/L 加标浓度的加标回收率为 61.4%-115.5%, RSD 为 2.19%-16.60%; 20.0 ng/L 加标浓度的加标回收率为 61.20%-115.8%, RSD 为 1.58%-13.07%, 回收率高, 重现性好。该方法适用于水中喹诺酮类、磺胺类、硝唑类、大环内酯类和氯霉素类等抗生素残留的同时测定。