

茶叶中蒽醌的内标-气相色谱-串联质谱法测定

高慧¹, 汪洋¹, 邢燕^{1,*}, 王勤¹, 尚萌琳²

(1. 淄博市疾病预防控制中心, 山东 淄博 255026; 2. 山东大学 公共卫生学院, 山东 济南 250000)

摘要: 建立测定茶叶中蒽醌的快速气相色谱-串联质谱法 (gas chromatography-tandem mass spectrometry, GC-MS/MS)。茶叶样品加入蒽醌-D8 同位素内标应用液后, 经乙腈提取, 使用 QuEChERS 方法净化, 氮吹浓缩后, 在选择多反应监测模式 (multiple reaction monitoring, MRM) 下扫描, 以 HP-5MS (30 m×250 μ m, 0.25 μ m) 色谱柱进行分离, 内标法定量。蒽醌在 10 ng/mL~200 ng/mL 范围内线性关系良好, 相关系数 ($r=0.999\ 5$)。该方法的检出限为 3 μ g/kg, 定量限为 10 μ g/kg, 加标回收率在 87.1 %~98.4 % 之间, 加标回收试验相对标准偏差 (relative standard deviation, RSD) 在 1.23 %~4.12 % 之间。该方法适用于茶叶中蒽醌的定性定量检测。

关键词: 茶叶; 蒽醌; 气相色谱-串联质谱法; 净化; 内标法

Determination of Anthraquinone in Tea by Internal Standard-Gas Chromatography-Tandem Mass Spectrometry

GAO Hui¹, WANG Yang¹, XING Yan^{1,*}, WANG Qin¹, SHANG Meng-lin²

(1. Zibo Municipal Center for Disease Control and Prevention, Zibo 255026, Shandong, China;

2. School of Public Health, Shandong University, Jinan 250000, Shandong, China)

Abstract: To establish a rapid determination method of anthraquinone in tea by gas chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS), sample added with anthraquinone-D8 isotope internal standard were extracted by acetonitrile. QuEChERS method was used to purify extracts. Sample was separated by HP-5 MS (30 m×250 μ m, 0.25 μ m), detected by select multiple reaction monitoring (MRM) mode. Internal standard method was used as quantitative. It had a good linear relationship in the experimental concentration range of 10 ng/mL-200 ng/mL, and the correlation coefficient was 0.999 5. The detection limit of this method was 3 μ g/kg, the quantitative limit was 10 μ g/kg. The recoveries of anthraquinone were between 87.1 %~98.4 %, the RSD was between 1.23 % and 4.12 %. The method was suitable for qualitative and quantitative determination of anthraquinone in tea.

Key words: tea; anthraquinone; gas chromatography-tandem mass spectrometry; purifying; internal standard method

引文格式:

高慧, 汪洋, 邢燕, 等. 茶叶中蒽醌的内标-气相色谱-串联质谱法测定[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(12): 212-218

GAO Hui, WANG Yang, XING Yan, et al. Determination of Anthraquinone in Tea by Internal Standard-Gas Chromatography-Tandem Mass Spectrometry[J]. Food Research and Development, 2019, 40(12): 212-218

基金项目: 山东省医药卫生科技发展计划项目(2017WS378); 淄博市科学技术发展计划项目(2017kj010071)

作者简介: 高慧(1979—), 女(汉), 主管技师, 本科, 研究方向: 理化分析。

* 通信作者: 邢燕(1982—), 女(汉), 副主任技师, 博士, 研究方向: 化学分析。

中国是全球较早的茶叶出产和销售的国家, 也是全球最大的茶叶消费国, 随着经济全球化发展, 茶叶的出口量也持续增加。蒽醌在自然界中广泛存在, 茶叶中蒽醌的残留污染可能来源于农药残留或产品包装。因欧盟认为蒽醌具有致癌性, 2014年10月, 欧盟新发布的(EU)No1146/2014中规定了茶叶中蒽醌的最

高限量为 0.02 mg/kg^[1]。我国尚无最高限量要求。2014 年我国茶叶出口同比下降。中国输欧茶叶因不符合限值要求被通报 27 次,其中蒽醌 8 次,居首位^[2]。研究茶叶中蒽醌的污染来源和控制技术,降低茶叶中蒽醌污染物含量,破除欧盟技术壁垒是一个急需解决的问题,因此,建立茶叶中蒽醌的定量检测方法至关重要。

9,10-蒽醌,又名蒽醌(anthraquinone,CAS No.84-65-1),是一种黄色针状结晶,易溶于热苯、热甲苯、乙醇、乙醚和氯仿,不溶于水,蒽醌常存在于高等植物和低等植物地衣类和真菌类的代谢产物中,主要用于染料生产的中间体,是媒染染料、酸性染料和还原染料的主要原料。还用做纸制品印花的导氧剂。GB/T 23204-2008《茶叶中 519 种农药及相关化学残留量的测定 气相色谱-质谱法》^[3]涉及蒽醌残留量的测定,但为定性检测方法,不适合于茶叶中微量蒽醌的测定。目前报道的蒽醌类定量测定的方法主要有分光光度法^[4-7]、高效液相色谱法^[8-10]、气相色谱-质谱联用法^[11]、气相色谱-串联质谱法^[12-16]、高效毛细管电泳法^[17]等。其中分光光度法和高效液相色谱法多为测定总蒽醌含量,不适合于茶叶中蒽醌的测定;气相色谱-质谱法和气相色谱-串联质谱法多为凝胶联合净化或 SPE 小柱净化,能够较好的纯化分离出目标物,但净化过程比较繁琐,耗时较长;高效毛细管电泳法普及率比较低。本研究通过对样品前处理条件、色谱条件等的优化,建立了一种准确、快速测定茶叶中蒽醌的气相色谱-串联质谱法(gas chromatography-tandem mass spectrometry,GC-MS/MS)内标分析方法。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Agilent 7010 三重四极杆气质谱联用仪[配电子轰击离子源(EI)];美国 Agilent 公司;N-EVAP 112 氮吹浓缩仪:美国 OA-SYS 公司;CP-225D 电子天平:德国 Sartorius 公司;ST-16R 高速冷冻离心机:美国 Thermo 公司;KS-500D 型超声波清洗器:宁波科生仪器厂;Milli-Q 超纯水系统:美国 Millipore 公司。N-丙基乙二胺(Bondesil-PSA,40 μm ,100 μm),Bondesil-C18(40 μm ,100 μm):美国 Agilent 公司。无水硫酸钠(AR 级):国药集团化学试剂有限公司;乙腈(HPLC 级)、丙酮(HPLC 级)、环己烷(HPLC 级)、乙酸乙酯(HPLC 级):德国 Merck 公司;蒽醌(纯度 $\geq 98.0\%$):上海安谱公司;蒽醌-D8 标准物质(纯度 $>99.0\%$):美国 TRC 公司。

1.2 标准工作液的配制

称取 0.010 0 g 蒽醌,加丙酮超声、溶解、稀释定容

至 10 mL,浓度为 1 000 $\mu\text{g/mL}$,即为蒽醌标准储备液。取蒽醌标准储备液 10 μL ,加环己烷-乙酸乙酯(1+1)至 10 mL,即为蒽醌应用液,浓度为 1 $\mu\text{g/mL}$,于 0 $^{\circ}\text{C}$ ~4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱内避光保存。称取 0.010 0 g 蒽醌-D8 标准物质,加丙酮超声、溶解、稀释定容至 10 mL;再取 100 μL ,加环己烷-乙酸乙酯(1+1)至 1 mL,即为蒽醌-D8 内标应用液,浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$,于 0 $^{\circ}\text{C}$ ~4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱内避光保存。

1.3 试验方法

1.3.1 色谱条件

色谱柱:HP-5MS(30 m $\times$ 250 μm ,0.25 μm);载气:高纯氦气,纯度 $>99.999\%$,恒流模式,进样口温度:280 $^{\circ}\text{C}$;流速 1.0 mL/min;程序升温:初温 100 $^{\circ}\text{C}$,保持 1 min,以 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 200 $^{\circ}\text{C}$,保持 2 min,继续以 25 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升到 280 $^{\circ}\text{C}$,保持 10 min;进样量:1 μL ;进样方式:不分流进样。

1.3.2 质谱条件

电离方式:电子轰击离子源(EI);离子源温度:230 $^{\circ}\text{C}$;接口温度:300 $^{\circ}\text{C}$;电子能量 70 eV;碰撞气:高纯氦气,纯度 $>99.999\%$;溶剂延迟:3.75 min;扫描方式:多反应监测模式(multiple reaction monitoring,MRM)扫描模式;驻留时间:0.10 s。标准的保留时间、定性离子、定量离子对等具体质谱参数见下表 1。

表 1 标准的质谱参数表

Table 1 The mass spectrometry parameters of standards

化合物名称	保留时间/ min	离子对 (m/z)	碰撞能量/ eV	驻留时间/s
蒽醌	14.136	208>180	10	0.10
		208>152	10	0.10
蒽醌-D8	14.026	216>188	10	0.10

1.3.3 样品前处理

将 100 g 茶叶用粉碎机粉碎,混匀,分装于两个 50 mL 洁净棕色玻璃瓶中,一份用于遮光密闭保存留样,另外一份用于检测。

1.3.3.1 样品提取

精确称取 2 g(精确至 0.001 g)粉碎、混匀茶叶样品于 50 mL 离心管中,加水 3 mL,加蒽醌-D8 内标应用液 10 μL ,涡旋 30 s 润湿样品,加 10 mL 乙腈,超声提取 30 min,加无水硫酸钠 2 g,涡旋混匀 1 min,以 8 000 r/min 离心 10 min。上清液待净化。

1.3.3.2 样品 QuEChERS 净化

取乙腈提取液约 8 mL,加入 0.8 g 无水硫酸钠,

0.8 g PSA 粉末和 0.4 g C18 固相吸附剂, 涡旋 1 min, 8 000 r/min 离心 5 min。取上清液 5.0 mL, 40 ℃氮吹浓缩至近干, 加 1.0 mL 乙腈溶解残渣, 涡旋 1 min, 以 8 000 r/min 离心 5 min, 上清液过 0.22 μm 聚四氟乙烯过滤膜, 待测定。

1.3.4 标准曲线绘制

分别准确吸取 1.2 中蒽醌标准应用液 (1 μg/mL)

10、20、50、100、150、200 μL 于 1 mL 样品瓶中, 分别各加入蒽醌-D8 内标应用液 (100 μg/mL) 5 μL, 用乙腈定容至 1 mL, 蒽醌-D8 的浓度为 0.50 μg/mL, 蒽醌标准系列溶液浓度为 10、20、50、100、150、200 ng/mL。以蒽醌的浓度为横坐标, 定量离子对 (208>180) 的峰面积与内标峰面积的比值为纵坐标绘制标准曲线。标准总离子流图见图 1。

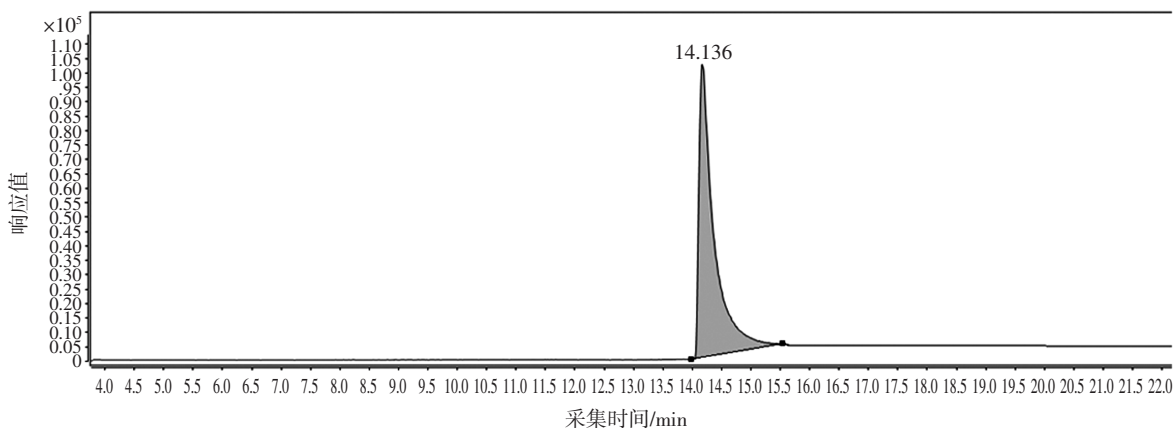


图 1 标准总离子流图

Fig.1 The total ion chromatogram of standard

2 结果与讨论

2.1 色谱条件的选择与优化

由于茶叶中基质复杂, 测定茶叶中蒽醌必须选择能够很好的把目标物与干扰物分离的色谱柱, 试验比较了 HP-5MS、DB-5MS、DB-1701P 3 种不同的色谱柱, DB-5MS、DB-1701P 和 HP-5MS 3 种色谱柱的样品加标色谱图见图 2、图 3、图 4。

改变色谱分离条件, 观察分离情况, 不同色谱柱对目标物的分离情况见下表 2。

表 2 结果表明, HP-5MS 较其他两种色谱柱分离

效果更好。

进样口温度过高, 会致使蒽醌分解, 温度过低, 蒽醌汽化不完全, 灵敏度均会下降。考查了 240 ℃到 290 ℃之间的进样口温度, 不同进样口温度对蒽醌峰面积的影响见图 5。

由图 5 发现温度在 280 ℃时, 蒽醌气化完全, 未见分解。

2.2 质谱条件的选择与优化

在优化的色谱条件下进行全扫描 (Scan), 得到蒽醌的质谱图, 选择质核比较大, 相对丰度高的离子作

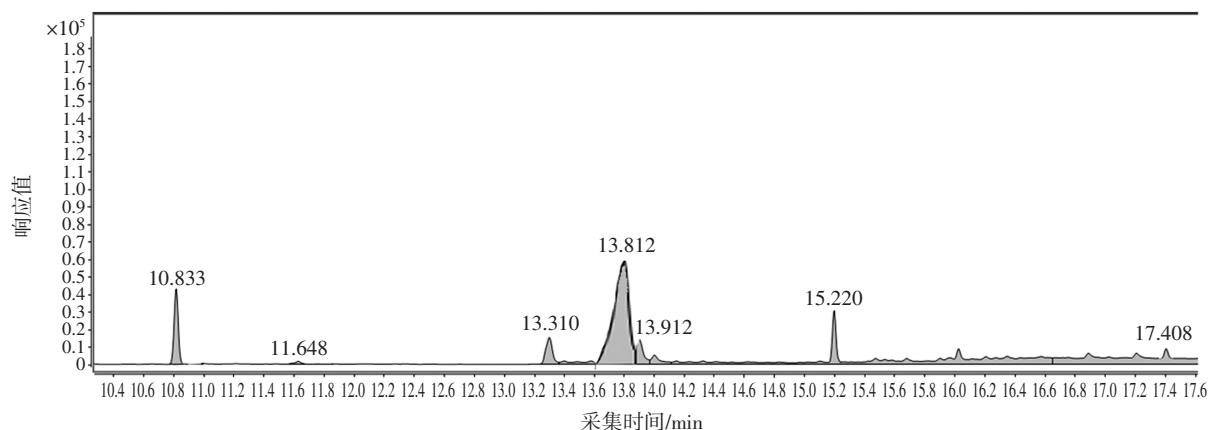


图 2 DB-5MS 样品加标色谱图

Fig.2 The total ion chromatogram of adding sample separating by DB-5MS chromatographic column

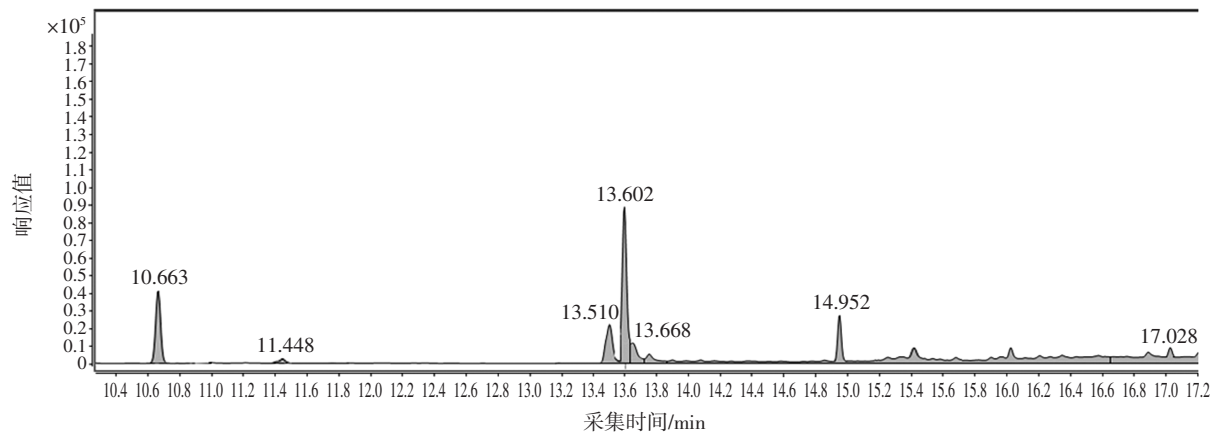


图 3 DB-1701 样品加标色谱图

Fig.3 The total ion chromatogram of adding sample separating by DB-1701 chromatographic column

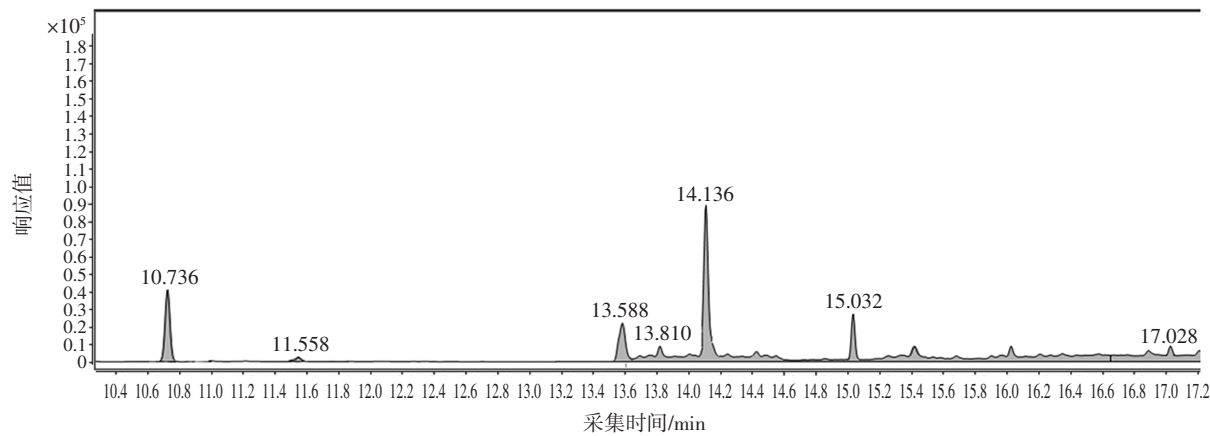


图 4 HP-5MS 样品加标色谱图

Fig.4 The total ion chromatogram of adding sample separating by HP-5MS chromatographic column

表 2 不同色谱柱的分离情况

Table 2 The separation results of adding sample by different chromatographic columns				
色谱柱	蒽醌保留时间/min	蒽醌峰面积	干扰物保留时间/min	是否分离到基线
HP-5MS	14.136	805 614	13.588、13.810	是
DB-5MS	13.812	768 254	13.310、13.912	否
DB-1701P	13.602	748 396	13.510、13.668	否

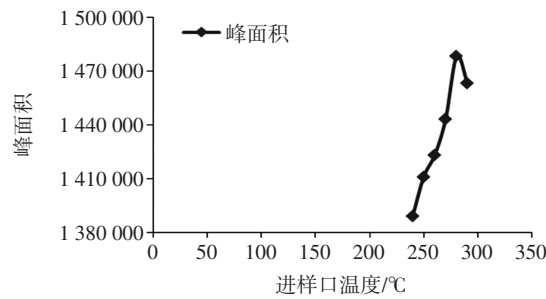


图 5 不同进样口温度对蒽醌峰面积的影响

Fig.5 The effect of different inlet temperatures on anthraquinone peak area

为产物离子。再用 MRM 方式扫描,为保证扫描结果的准确度,按待测组分保留时间分组,使待测物有充足的时间扫描。分别选择了丰度较高的两组离子 m/z 208, 180, m/z 208, 152 为定量和定性离子对,对产物离子进行扫描。为提高检测的灵敏度,根据离子信息,选取不同的碰撞能量观察离子对的响应情况,最终选取了 10 eV 做为定量和定性离子对的碰撞能量。

2.3 样品的基质效应

气相色谱串联质谱法测定样品时,有时基质对待测物的离子具有抑制或增强效应,因此选用内标法定量以提高灵敏度和准确性。分别制备用空白基质样品溶液和乙腈稀释的蒽醌和蒽醌-D8 标准工作溶液,对空白茶叶样品进行低、中、高 3 个浓度的添加水平试验,用内标法进行定量,乙腈配制与空白基质样品溶液配制的工作曲线回收率没有明显差异,比较接近,故选用了乙腈配制标准工作液。不同溶剂蒽醌的加标回收率和相对标准偏差见表 3。

表3 不同溶剂蒽醌的加标回收率和相对标准偏差

Table 3 The recovery rate and relative standard deviation(RSD) of anthraquinone in different solvents

标准稀释溶剂	添加水平/(ng/mL)	回收率/%	RSD/%
乙腈	20	90.5~93.8	3.11
	50	90.1~95.6	3.35
	200	93.2~96.8	2.74
空白基质样品溶液	20	90.6~93.7	2.95
	50	89.9~95.8	3.69
	200	92.7~96.4	2.57

2.4 样品前处理条件的优化

2.4.1 提取效应

为了测试茶叶样品加水后检测,对检测结果有无影响。试验称取了8份蒽醌阳性茶叶样品,其中4份加水3 mL,涡旋30 s润湿样品,另4份不加水,分别加入10 mL乙腈,后续步骤按照1.3.3.1和1.3.3.2提取、净化。试验数据显示,茶叶样品加水润湿后再加溶剂提取、净化,回收率更高。结果见表4。

表4 样品测试结果比较

Table 4 The comparison of sample results

样品编号	加水样品结果/(mg/kg)	不加水样品结果/(mg/kg)
1#	0.021 5	0.010 4
2#	0.024 8	0.011 8
3#	0.029 6	0.013 9
4#	0.026 8	0.012 1

2.4.2 样品净化的选择

分别选用了SPE小柱和QuEChERS两种净化方式进行比较。首先选用了TPC(ProElut TPC-2固相萃取柱,6 mL,迪马公司)小柱填充物上加入1 g无水硫酸钠,用10 mL乙腈-甲苯(3+1,体积比)活化;乙腈提取液5.0 mL上样,弃去流出液;用8 mL甲苯-乙腈(1+3,体积比)淋洗,弃去流出液;再用12 mL甲苯-乙腈(1+3,体积比)洗脱,抽干,收集洗脱液。40℃氮吹浓缩至近

干,加1.0 mL乙腈溶解残渣,涡旋1 min,8 000 r/min离心5 min,上清液过0.22 μm聚四氟乙烯过滤膜,待测定。QuEChERS净化方式一:取乙腈提取液约8 mL,加入0.8 g无水硫酸钠,0.8 g石墨化炭黑粉末和0.4 g C18固相吸附剂,涡旋1 min,8 000 r/min离心5 min。取上清液5.0 mL,40℃氮吹浓缩至近干,加1.0 mL乙腈溶解残渣,涡旋1 min,以8 000 r/min离心5 min,上清液过0.22 μm聚四氟乙烯过滤膜,待测定。QuEChERS净化方式二同1.3.3.2。不同净化方式对蒽醌回收率的影响见图6。

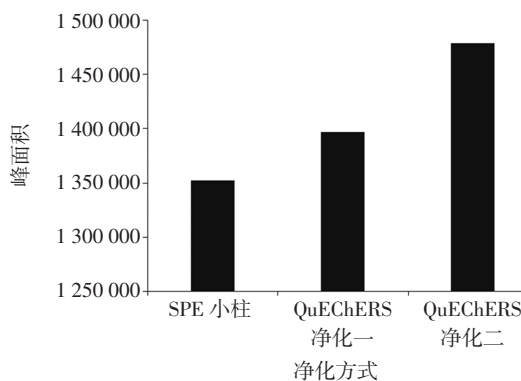


图6 不同净化方式对蒽醌回收率的影响

Fig.6 The effect of different purification ways on the recovery rate of Anthraquinone

图6检测结果表明,选用QuEChERS净化方式二净化效果较好和回收率最高,因此选用了1.3.3.2 QuEChERS净化方式。

2.5 线性范围及检出限

在本试验条件下,按照1.3的试验条件进行测定,以蒽醌的浓度为横坐标,定量离子对(208>180)的峰面积与内标峰面积的比值为纵坐标绘制标准曲线。结果显示:蒽醌在10 ng/mL~200 ng/mL范围内线性关系良好。同时做空白样品加标试验,以3倍信噪比计算检出限(limit of detection, LOD),以信噪比10倍计算定量限(limit of quantitative determination, LQD),结果见表5。

表5 蒽醌的线性方程、线性范围、相关系数、LOD、LQD

Table 5 The linear equation, linear range, correlation coefficient, LOD, LQD of anthraquinone

化合物	线性方程	线性范围/(ng/mL)	相关系数(r)	LOD/(μg/kg)	LQD/(μg/kg)
9,10-蒽醌	$Y=0.016\ 2x-0.005\ 8$	10~200	0.999 5	3	10

2.6 加标回收率和精密度

选取了未检出蒽醌的绿茶、红茶、乌龙茶、白茶4种样品,分别称取2 g(精确至0.001 g)样品于50 mL离心管中,分别添加质量浓度为20、50、200 ng/mL的

标准溶液,每个添加水平取6份平行样,充分混匀后,按照最佳前处理和色谱质谱分析条件进行测定,回收率在87.1%~98.4%之间,RSD为1.23%~4.12%,结果见表6。茶叶样品总离子流图见图7,茶叶样品加标总

离子流图见图 8。

表 6 蒽醌的加标回收率和相对标准偏差
Table 6 The recovery and relative standard deviation (RSD) of anthraquinone

样品名称	添加水平/(ng/mL)	回收率/%	RSD/%
绿茶	20	88.5~94.4	4.01
	50	89.8~95.6	3.75
	200	91.5~97.1	2.89
红茶	20	92.5~96.8	2.15
	50	89.4~96.1	3.89
	200	90.2~95.7	1.97
乌龙茶	20	87.1~97.4	4.12
	50	90.8~94.3	1.89
	200	93.4~97.3	1.29
白茶	20	91.5~95.8	2.14
	50	93.8~98.4	2.09
	200	95.4~98.4	1.23

2.7 样品测定

随机采集市售茶叶 50 份, 包括绿茶 15 份、红茶 15 份、乌龙茶 10 份、白茶 10 份。其中蒽醌检出 12 份, 检出率 24.0 %, 其中红茶检出率最高为 33.3 %, 白茶检出率最低为 13.3 %; 超标 8 份, 超标率为 16.0 %, 其中、绿茶 2 份、红茶 3 份、乌龙茶 2 份、白茶 1 份。通过测定结果可以看出, 茶叶中的蒽醌确有检出。该方法适用于茶叶中蒽醌的测定。

3 结论

本研究通过对茶叶样品的前处理条件和色谱质谱条件的优化, 选择了最佳检测条件, 实现了对茶叶中蒽醌的测定, 达到了很好的分离效果。该方法具有操作简便、线性范围宽、检出限低、灵敏度高、杂质干扰少及结果准确可靠等优点。因茶叶中干扰物复杂, 本文选用了 QuEChERS 净化方式, 选用了无水硫酸钠、

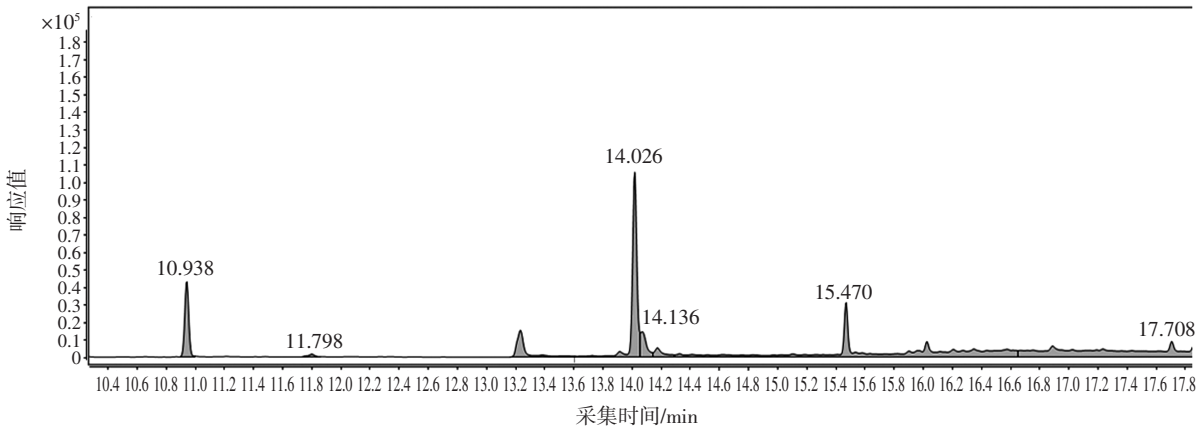


图 7 茶叶样品的总离子流图
Fig.7 The total ion chromatogram of tea sample

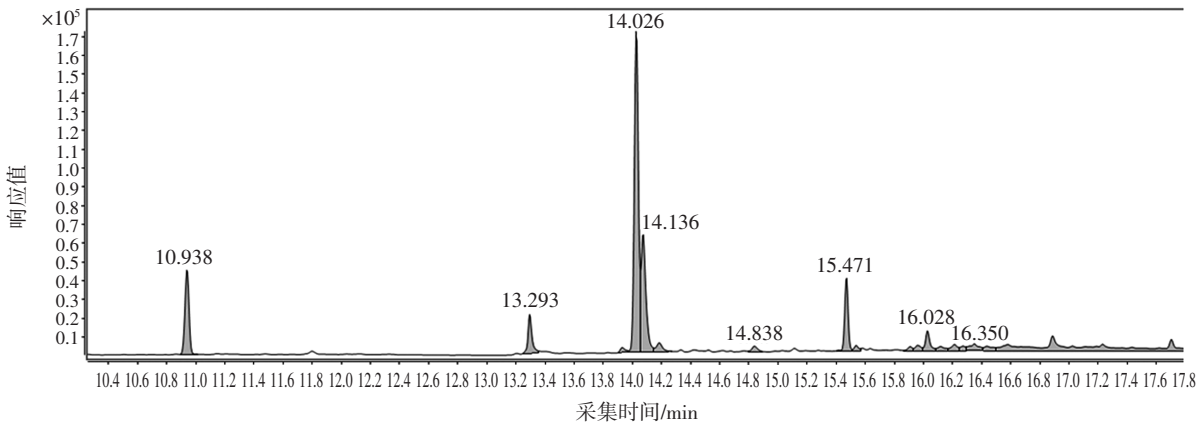


图 8 茶叶样品加标的总离子流图
Fig.8 The total ion chromatogram of adding tea sample

PSA 粉末和 C18 固相吸附剂,既能实现茶叶中复杂干 扰物的去除又能实现待测物的完全保留和洗脱,实现

了气相色谱串联质谱法对茶叶中蒽醌的定量检测,满足了茶叶中蒽醌的分析测试要求。

参考文献:

- [1] COMMISSION REGULATION. Amending Annexes II, III, IV and V to Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council as regards maximum residue levels for anthraquinone, benfluralin, bentazone, bromoxynil, chlorothalonil, famoxadone, imazamox, methyl bromide, propanil and sulphuric acid in or on certain products[R]. European Union: Official Journal of the European Union, 2014, L308: 3-59
- [2] 朱凤玲. 2014 欧美日通报我国不合格茶叶信息汇总[J]. 中国茶叶, 2015(2): 27-28
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 茶叶中 519 种农药及相关化学品残留量的测定气相色谱-质谱法: GB/T 23204-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009
- [4] 叶碧莎, 赵琳, 宋悦华. 保健食品中总蒽醌的测定[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(5): 830-831
- [5] 蔡晓, 李宏. 紫外分光光度法测定保健食品中总蒽醌的含量[J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19(1): 47-48
- [6] 李云汉, 贾长英, 张晓娟, 等. 可见分光光度法测定蒽醌化合物[J]. 广东化工, 2017, 44(19): 162-163
- [7] 李敏, 黄小梅, 谈文林, 等. 何首乌中蒽醌类物质提取及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(14): 41-45
- [8] 郭升平. 高效液相色谱测定蒽醌[J]. 精细石油化工, 1996(1): 59-60
- [9] 文岛俊幸, 本山总良, 齐藤文孝, 等. 高效液相色谱法测定何首乌和夜交藤中蒽醌类成分的含量[J]. 药物分析杂志, 1996, 16(4): 219-221
- [10] 何太喜, 段兵, 范媛媛, 等. 凝胶色谱-高效液相色谱法测定茶叶中蒽醌[J]. 分析实验室, 2016, 35(9): 1083-1086
- [11] 唐成国. 气相色谱-质谱联用分析蒽醌工作液的组成[J]. 化学研究与利用, 2000, 12(3): 278-281
- [12] 柴芸彬. GPC 净化联合 GC-MS-MS 检测茶叶中的蒽醌[J]. 广州化工, 2015, 43(4): 128-130
- [13] 何正和, 魏斌, 魏云计, 等. 气相色谱-串联质谱法快速测定茶叶中的蒽醌[J]. 化学分析计量, 2017, 26(3): 18-21
- [14] 谢文, 黄超群, 陈丽, 等. 同位素稀释气相色谱-质谱/质谱法测定茶叶中蒽醌残留量[J]. 分析实验室, 2017, 36(2): 177-181
- [15] 甘源, 覃梅, 程莉, 等. 凝胶色谱净化联合气相色谱串联质谱法同位素内标法测定茶叶中 9, 10-蒽醌[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 27(11): 1525-1528
- [16] 郑茜尹, 陈璐莹, 李强, 等. 免净化-气相色谱串联质谱法测定大米中 59 种农残[J]. 现代预防医学, 2017, 44(21): 4000-4005
- [17] 杨霞, 冯峰, 刘荔贞, 等. 高效毛细管电泳-紫外检测法同时检测决明子中 5 种蒽醌类化合物[J]. 2018, 37(7): 755-759

收稿日期: 2018-10-03

欢迎订阅 2019 年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办, 国内外公开发行的食品专业科技期刊, 1980 年创刊, 半月刊, 采用国际流行开本大 16 开。其专业突出, 内容丰富, 印刷精美, 是一本既有基础理论研究, 又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”、《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录, 并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE 中国核心学术期刊(A)。主要栏目有: 基础研究、应用技术、检测分析、生物工程、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS; 国际刊号 ISSN 1005-6521; 邮发代号: 6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2019 年定价: 30 元/册, 全年 720 元。

本编辑部常年办理邮购, 订阅办法如下:

(1) 邮局汇款。地址: 天津市静海区静海经济开发区南区科技路 9 号; 收款人: 《食品研究与开发》编辑部; 邮政编码: 301600。

(2) 银行汇款。开户银行: 工商银行静海支行

账号: 0302095119300204171; 单位: 天津市食品研究所有限公司。

《食品研究与开发》编辑部

www.tjfrad.com.cn

E-mail: tjfood@vip.163.com

电话(传真): 022-59525671