

# 表面解吸常压化学电离质谱法直接测定火锅底料中的痕量可卡因

宋庆浩<sup>1,3</sup>, 王 姜<sup>2</sup>, 胡 斌<sup>2</sup>, 陈焕文<sup>2</sup>, 金钦汉<sup>1</sup>

(1. 浙江大学工业控制技术国家重点实验室, 智能系统与控制研究所, 分析仪器研究中心, 杭州 310058;  
2. 东华理工大学应用化学系, 抚州 344000; 3. 山东电力工程咨询院, 济南 250013)

**摘要** 采用表面解吸常压化学电离(SDAPCI)质谱法, 在无需样品预处理情况下, 直接测定了火锅底料中可卡因的含量. 采用取样针取样, 单次取样量在纳升级, 单个样品测定时间少于0.5 min, 回收率为92.9%~106.6%; 相对标准偏差(RSD)为4.7%~11.6%; 可卡因的检出限可达 $1.5 \times 10^{-12}$  g/mL. 该方法适用于批量火锅底料等食品类样品的快速半定量检测.

**关键词** 表面解吸常压化学电离源; 质谱; 可卡因; 火锅底料; 快速检测

**中图分类号** O657      **文献标识码** A      **文章编号** 0251-0790(2010)10-1961-04

可卡因(Cocaine,  $M_w = 303$ ), 化学名称为苯甲基芽子碱, 是一种天然中枢兴奋剂. 可卡因一般为白色晶体, 无臭, 味苦, 在医疗上常用作局部麻醉药和血管收缩剂, 同时作为一种滥用药物, 摄入过量会出现生理损伤, 发生精神萎靡, 痉挛等现象, 严重时甚至会导致死亡. 近几年出现的罂粟壳(含可卡因)火锅和红牛可卡因事件引起了人们对可卡因检测技术的高度重视. 已报道的可卡因的检测方法主要有高效液相色谱法(HPLC)<sup>[1]</sup>、液相色谱-质谱联用法(LC-MS)<sup>[2]</sup>、气相色谱-质谱联用法(GC-MS)<sup>[3]</sup>、溶剂微萃取-在线反萃取-场放大进样-毛细管电泳-紫外检测法(SME-OLBE-FASI-CE-UV)<sup>[4]</sup>和直接实时电离飞行时间质谱法(DART-TOF-MS)<sup>[5]</sup>等, 这些方法大多需要去气、萃取及预浓缩等预处理过程, 测定周期较长. Hu等<sup>[6]</sup>在电喷雾萃取电离(EESI)<sup>[7]</sup>基础上设计了一种测定饮料中痕量可卡因的现场纳喷雾萃取电离质谱法(nanoEESI-MS), 但由于火锅底料等样品中含有大量脂肪, 难以用上述方法进行快速测定. 本文建立了一种表面解吸常压化学电离质谱(SDAPCI-MS)技术<sup>[8-14]</sup>, 在无需样品预处理条件下可对火锅底料中的痕量可卡因进行直接检测. 本方法具有取样量少、测定速度快、灵敏度高及回收率好等特点, 适用于大量样品的快速监测, 对于复杂基体中可卡因含量的测定具有重要的实用价值.

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

SDAPCI离子源(实验室自制)<sup>[8-14]</sup>; LTQ-XL型线性离子阱质谱仪(美国Finnigan公司), 配有Xcalibur数据处理系统; 可卡因(1 mg/mL, Fluka公司, 瑞典), 使用时配置成 $10^{-6}$  g/mL水溶液备用; 火锅底料样品购于当地火锅店, 实验时未经任何预处理. 本实验所用水均为二次蒸馏水.

### 1.2 实验原理与装置

所用的SDAPCI离子源装置如图1所示. 在直流高压(HV)作用下, 针尖端发生放电, 产生大量离子, 在置于样品下方的可加热的电阻丝(图中未示出)所产生的热气流的辅助作用下, 进样针(实心钢针, 长15 cm左右, 针尖直径约为0.08 mm)上的样品被放电针尖端产生的大量离子所解吸和电离, 形成的样品离子被吸入质谱仪进行分析. 放电针和质谱仪进样口与样品之间的角度( $\alpha$ 和 $\beta$ )及距离( $a$ 和

收稿日期: 2010-02-05.

基金项目: 东华理工大学研究生创新资金(批准号: DYCA10002)资助.

联系人简介: 金钦汉, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事光谱分析新方法和新技术研究. E-mail: qhjin@zju.edu.cn

b)可以根据需要进行调节,以达到最佳实验效果. 选定  $a=8\text{ mm}$ ,  $b=6\text{ mm}$ ,  $\alpha=30^\circ$ ,  $\beta=20^\circ$ .

### 1.3 质谱条件与分析方法

设置 SDAPCI 离子源为正离子检测模式,质量检测扫描范围为  $50\sim 800$ , 电离电压为  $3.5\text{ kV}$ , 离子传输管温度为  $180\text{ }^\circ\text{C}$ , 实验中一级质谱测定时间少于  $1\text{ s}$ , 二次质谱记录时间为  $0.1\text{ min}$ , 在作串联质谱分析时,母离子的选择窗口为  $1.2$ , 碰撞时间为  $30\text{ ms}$ , 碰撞能量为  $25\%$ , 其它参数采用 LTQ-MS 系统自动优化. 实验时无需进行任何样品预处理, 只需使用进样针蘸取一定量的纳升量级样品直接进行质谱分析即可<sup>[15]</sup>. 每次进样后均需使用甲醇对进样针进行清洗以防止交叉污染.

## 2 结果与讨论

### 2.1 可卡因的 SDAPCI 串联质谱分析

取浓度为  $1\times 10^{-6}\text{ g/mL}$  的可卡因标准溶液进行可卡因检测实验条件预研究, 结果如图 2 和图 3 所示. 由于可卡因质子亲和势较高, 能够在正离子检测模式下被质子化, 从而形成比较稳定的  $(M+H)^+$

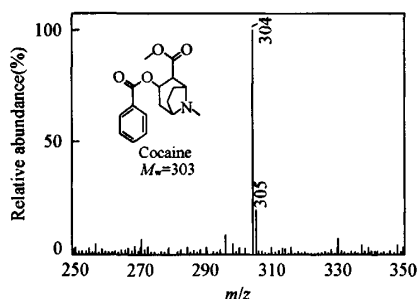


Fig. 2 Mass spectrum of cocaine recorded using SDAPCI-MS

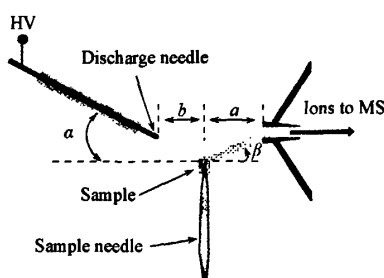


Fig. 1 Schematic diagram of surface desorption atmospheric pressure chemical ionization-mass spectrometry (SDAPCI-MS) for direct detection of cocaine in sauce materials of hot pot

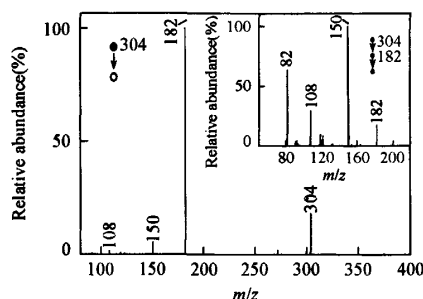


Fig. 3  $MS^2$  spectrum of protonated cocaine ( $m/z\ 304$ )  
Inset:  $MS^3$  spectrum of  $m/z\ 182$ .

峰而被检测. 选择准分子离子峰  $m/z\ 304$  进行二级质谱研究, 主要得到特征离子峰  $m/z\ 182, 150$  和  $108$ . 基峰  $m/z\ 182$  为母离子丢失苯甲酰基后形成的  $C_{10}H_{16}NO_2^+$ ,  $m/z\ 150$  和  $108$  分别为  $C_9H_{12}NO^+$  和  $C_7H_{10}N^+$ . 在  $m/z\ 182$  的三级质谱中主要形成碎片离子峰  $m/z\ 150, 108$  和  $82$ , 其中  $m/z\ 82$  为碎片离子  $C_5H_8N^+$ . 上述可卡因多级碰撞诱导解离 (CID) 的结果与文献[6,16]结果一致. 在直接检测复杂基体样品中痕量待测组分时, 一级质谱母离子的信号也可能来自样品中的其它物质, 会给目标待测物的测定带来误差. 为消除此影响, 一般需采用多级串联质谱技术以排除假阳性结果. 分别取火锅底料纯样和含  $1\times 10^{-7}\text{ g/mL}$  可卡因的火锅底料样品溶液进行串级质谱分析, 所得结果如图 4 所示. 在火锅底料纯样以及含可卡因的火锅底料样品溶液的一级质谱图中均出现了离子峰  $m/z\ 304$ , 且相对丰度相差不大. 但在  $m/z\ 304$  的二级质谱图中发现, 火锅底料纯样中  $m/z\ 182, 150$  和  $108$  的强度均在噪音级别[图 4 (A)], 以此可作为假阳性结果而予以排除. 如果在实际样品中能够检测到信号峰  $m/z\ 304$ , 且在  $MS^2$  谱中观察到主要特征离子  $m/z\ 182, 150$  和  $108$ [图 4 (B)], 则可以判断该样品中含有可卡因.

### 2.2 线性范围、检出限、回收率和精密度

分别配制浓度为  $1\times 10^{-11}, 1\times 10^{-10}, 1\times 10^{-9}, 1\times 10^{-8}$  及  $1\times 10^{-7}\text{ g/mL}$  的可卡因的火锅底料标准溶液, 按前述实验方法进行 SDAPCI-MS 测定. 虽在空白试验中可观测到  $m/z\ 304$  离子, 但其二级质谱的碎片离子中很难观测到  $m/z\ 182$  离子, 故本研究选择母离子  $m/z\ 304$  的二级质谱中的碎片离子  $m/z\ 182$  为定量测定用离子. 实验测得的二级质谱信号扣除背景后在  $m/z\ 182$  处的净响应信号强度, 每

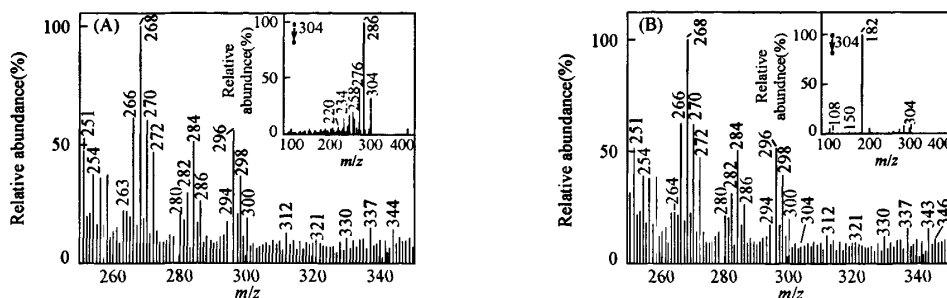


Fig. 4 Mass spectra of hot pot samples without (A) and with (B) cocaine recorded using SDAPCI-MS (inset: MS<sup>2</sup> spectrum of  $m/z$  304)

个浓度的标准溶液测定 6 次, 所得净响应信号强度的平均值及相应相对标准偏差 (括号内) 依次为 0.89 (9.3%), 1.97 (6.6%), 5.82 (7.2%), 23.82 (7.7%) 和 103.85 (5.5%)。将信号强度与样品浓度分别取对数, 绘制工作曲线, 结果如图 5 所示。在  $10^{-11} \sim 10^{-7}$  g/mL 浓度范围内, 离子信号强度的对数 ( $Y$ ) 与浓度的对数 ( $X$ ) 具有较好的线性关系。线性回归方程为  $Y = 0.521X + 5.573$ , 相关系数为  $R^2 = 0.985$ 。

对可卡因浓度为  $1 \times 10^{-11}$  g/mL 的标准溶液进行测定, 获得的净响应信号强度为 0.89 ( $n = 6$ ), 测得空白样品的 3 倍标准偏差为 0.132 ( $S/N > 3$ ,  $n = 20$ ), 由此计算得到本方法对可卡因的检出限为  $1.5 \times 10^{-12}$  g/mL。在回收实验时, 分别向不含可卡因的火锅底料样品中加入可卡因的标准溶液, 按照实验方法进行测定, 结果列于表 1。

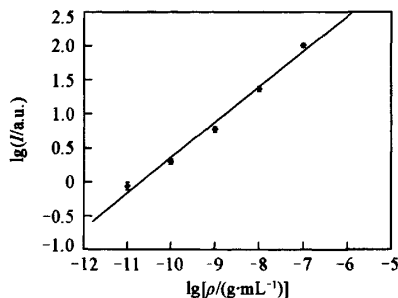


Fig. 5 Calibration curve for cocaine determination using the characteristic fragments detected at  $m/z$  182

Table 1 Data of recoveries ( $n = 9$ )

Sample No.	$\rho$ (Added)/(g · mL <sup>-1</sup> )	$\rho$ (Found)/(g · mL <sup>-1</sup> )	Mean value/(g · mL <sup>-1</sup> )	RSD (%)	Recovery (%)
1	$5.0 \times 10^{-11}$	$4.8 \times 10^{-11}$ , $5.8 \times 10^{-11}$ , $5.0 \times 10^{-11}$ , $5.6 \times 10^{-11}$ , $5.9 \times 10^{-11}$ , $5.0 \times 10^{-11}$ , $5.6 \times 10^{-11}$ , $5.6 \times 10^{-11}$ , $4.8 \times 10^{-11}$	$5.3 \times 10^{-11}$	7.8	106.6
2	$2.0 \times 10^{-10}$	$1.8 \times 10^{-10}$ , $1.8 \times 10^{-10}$ , $1.8 \times 10^{-10}$ , $2.2 \times 10^{-10}$ , $1.8 \times 10^{-10}$ , $1.6 \times 10^{-10}$ , $1.6 \times 10^{-10}$ , $2.1 \times 10^{-10}$ , $2.1 \times 10^{-10}$	$1.9 \times 10^{-10}$	11.6	92.9
3	$2.0 \times 10^{-9}$	$2.1 \times 10^{-9}$ , $1.8 \times 10^{-9}$ , $1.7 \times 10^{-9}$ , $1.9 \times 10^{-9}$ , $2.1 \times 10^{-9}$ , $1.9 \times 10^{-9}$ , $1.9 \times 10^{-9}$ , $2.3 \times 10^{-9}$ , $1.9 \times 10^{-9}$	$1.9 \times 10^{-9}$	8.5	98.1
4	$2.0 \times 10^{-8}$	$2.1 \times 10^{-8}$ , $2.1 \times 10^{-8}$ , $2.0 \times 10^{-8}$ , $1.9 \times 10^{-8}$ , $2.2 \times 10^{-8}$ , $2.1 \times 10^{-8}$ , $2.2 \times 10^{-8}$ , $2.1 \times 10^{-8}$ , $2.0 \times 10^{-8}$	$2.1 \times 10^{-8}$	4.7	103.4

### 2.3 实际样品分析

采用本方法对 4 家火锅店的火锅底料样品进行分析测定, 通过二级质谱鉴定排除假阳性, 每个样品连续测定 9 次, 分别得到可卡因的净响应信号强度。单个样品在 0.5 min 内即可获得检测结果, 所检测火锅底料样品中 2 个样品未检出, 其余 2 个样品中可卡因的含量分别为  $1.4 \times 10^{-10}$  和  $2.5 \times 10^{-10}$  g/mL, 相对标准偏差 (RSD) 分别为 7.2% 和 9.9%。综上所述可以发现, 虽然相对偏差较大, 但本法取样量少、灵敏、便捷, 不失为一个比较好的对痕量样品进行半定量快速分析的方法。

### 参 考 文 献

- [1] Fernández P., Lafuente N., Cruz A., López-Rivadulla M., Cruz A. J. Anal. Toxicol[J], 1996, 20(4): 224—228  
 [2] JIANG He-Ping(蒋和平). Journal of Sichuan University, Natural Science Edition(四川大学学报, 自然科学版)[J], 2005, 42(4):

794—797

- [ 3 ] Saito T., Mase H., Takeichi S., Inokuchi S. J. Pharm. Biomed. Anal. [J], 2007, 43(1): 358—363
- [ 4 ] FANG Huai-Fang(方怀防), ZENG Zhao-Rui(曾昭睿), LIU Lan(刘岚), PANG Dai-Wen(庞代文). Chem. J. Chinese Universities (高等学校化学学报) [J], 2006, 27(5): 856—858
- [ 5 ] Jagerdeo E., Abdel-rehim M. J. Am. Soc. Mass Spectrom. [J], 2009, 20(5): 891—899
- [ 6 ] Hu B., Peng X. J., Yang S. P., Gu H., Chen H. W., Huan Y. F., Zhang T. T., Qiao X. L. J. Am. Soc. Mass Spectrom. [J], 2009, 21(2): 290—293
- [ 7 ] DING Jian-Hua(丁健桦), YANG Shui-Ping(杨水平), LIU Qing(刘清), WU Zhuan-Zhang(吴转璋), CHEN Huan-Wen(陈焕文), REN Yu-Lin(任玉林), ZHENG Jian(郑健), LIU Qing-Jun(刘清珺). Chem. J. Chinese Universities (高等学校化学学报) [J], 2009, 30(8): 1533—1537
- [ 8 ] CHEN Huan-Wen(陈焕文), LAI Jin-Hu(赖劲虎), ZHOU Yu-Fen(周瑜芬), LI Jian-Qiang(李健强), ZHANG Xie(张燮), LUO Ming-Biao(罗明标), WANG Zhi-Chang(王志畅). Chinese J. Anal. Chem. (分析化学) [J], 2007, 35(8): 1233—1235
- [ 9 ] Chen H. W., Zheng J., Zhang X., Luo M. B., Wang Z. C., Qiao X. L. J. Mass Spectrom. [J], 2007, 42(8): 1045—1056
- [ 10 ] Chen H. W., Liang H. Z., Ding J. H., Qiao X. L. Journal of Agricultural and Food Chemistry [J], 2007, 55: 10093—10100
- [ 11 ] YANG Shui-Ping(杨水平), CHEN Huan-Wen(陈焕文), YANG Yu-Ling(杨宇玲), HU Bin(胡斌), ZHANG Xie(张燮), ZHOU Yu-Fen(周瑜芬), ZHANG Li-Li(张丽丽), GU Hai-Wei(顾海威). Chinese J. Anal. Chem. (分析化学) [J], 2009, 37(3): 315—318
- [ 12 ] YANG Shui-Ping(杨水平), HU Bin(胡斌), LI Jian-Qiang(李建强), HAN Jing(韩京), ZHANG Xie(张燮), CHEN Huan-Wen(陈焕文), LIU Qing(刘清), LIU Qing-Jun(刘清珺), ZHENG Jian(郑健). Chinese J. Anal. Chem. (分析化学) [J], 2009, 37(5): 691—694
- [ 13 ] LIANG Hua-Zheng(梁华正), CHEN Huan-Wen(陈焕文). Chinese J. Appl. Chem. (应用化学) [J], 2008, 25(5): 519—523
- [ 14 ] Yang S. P., Ding J. H., Zheng J., Hu B., Li J. Q., Chen H. W., Zhou Z. Q., Qiao X. L. Anal. Chem. [J], 2009, 81: 2426—2436
- [ 15 ] WANG Jiang(王姜), YANG Shui-Ping(杨水平), YAN Fei-Yan(鄢飞燕), LIU Yan(刘艳), LI Ming(李明), SONG Yu-Hang(宋宇航), ZHAN Ye-Bing(占叶兵), CHEN Huan-Wen(陈焕文). Chinese J. Anal. Chem. (分析化学) [J], 2010, 38(4): 453—457
- [ 16 ] Wang P. P., Bartlett M. G. J. Mass Spectrom. [J], 1998, 33: 961—967

## Surface Desorption Atmospheric Pressure Chemical Ionization Mass Spectrometry for Direct Detection of Trace Amounts of Cocaine in Hot Pot Sauce Materials

SONG Qing-Hao<sup>1,3</sup>, WANG Jiang<sup>2</sup>, HU Bin<sup>2</sup>, CHEN Huan-Wen<sup>2</sup>, JIN Qin-Han<sup>1\*</sup>

(1. Research Center for Analytical Instrumentation, Institute of Cyber-Systems and Control, State Key Laboratory of Industrial Control Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China;

2. Department of Applied Chemistry, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China;

3. Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute, Jinan 250013, China)

**Abstract** A novel method was developed for the direct detection of cocaine in hot pot sauce materials by surface desorption atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry (SDAPCI-MS) without any sample pretreatment. By using sample needle sampling, the volume of each sampling was at nanoliter level. The average time for a single sample analysis was less than 0.5 min. The recoveries of six samples spiked with cocaine were shown to be in the range of 92.9%—106.6%, and the relative standard deviations of the method were in the range of 5.2%—11.8%. The detection limit of this method for cocaine was found to be  $1.5 \times 10^{-12}$  g/mL. The data show SDAPCI-MS<sup>a</sup> is a powerful tool for rapid, semi-quantitative detection of cocaine in hot pot sauce materials.

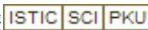
**Keywords** Surface desorption atmospheric pressure chemical ionization; Mass spectrometry; Cocaine; Hot pot sauce materials; Rapid analysis

(Ed.: A, G)

## 卡因

作者: 宋庆浩, 王姜, 胡斌, 陈焕文, 金钦汉, SONG Qing-Hao, WANG Jiang, HU Bin, CHEN Huan-Wen, JIN Qin-Han

作者单位: 宋庆浩, SONG Qing-Hao(浙江大学工业控制技术国家重点实验室, 智能系统与控制研究所, 分析仪器研究中心, 杭州, 310058; 山东电力工程咨询院, 济南, 250013), 王姜, 胡斌, 陈焕文, WANG Jiang, HU Bin, CHEN Huan-Wen(东华理工大学应用化学系, 抚州, 344000), 金钦汉, JIN Qin-Han(浙江大学工业控制技术国家重点实验室, 智能系统与控制研究所, 分析仪器研究中心, 杭州, 310058)

刊名: 高等学校化学学报 

英文刊名: CHEMICAL JOURNAL OF CHINESE UNIVERSITIES

年, 卷(期): 2010, 31(10)

被引用次数: 3次

## 参考文献(16条)

1. Fernández P; Lafuente N; Cruz A; López-Rivadulla M Cruz A [查看详情](#) 1996(04)
2. 蒋和平 尿液中可卡因及其代谢物的检测研究[期刊论文]-四川大学学报(自然科学版) 2005(04)
3. Saito T; Mase H; Takeichi S; Inokuchi S Cellulose Nanofibers Prepared by TEMPO-Mediated Oxidation of Native Cellulose[外文期刊] 2007(01)
4. 方怀防; 曾昭睿; 刘岚; 庞代文 毛细管电泳直接分析与水不互溶溶液中痕量物质的新方法[期刊论文]-高等学校化学学报 2006(05)
5. Jagerdeo E; Abdel-rehim M Screening of Cocaine and Its Metabolites in Human Urine Samples by Direct Analysis in Real-Time Source Coupled to Time-of-Flight Mass Spectrometry After Online Preconcentration Utilizing Microextraction by Packed Sorbent[外文期刊] 2009(05)
6. Hu B; Peng X. J.; Yang S. P.; Gu H. W.; Chen H. W.; Huan Y. F.; Zhang T. T.; Qiao X. L. [查看详情](#)[外文期刊] 2009(02)
7. 丁健桦; 杨水平; 刘清; 吴转璋, 陈焕文, 任玉林, 郑健, 刘清琚 电喷雾萃取电离质谱快速测定牙膏胶体中的二甘醇[期刊论文]-高等学校化学学报 2009(08)
8. 陈焕文; 赖劲虎; 周瑜芬; 李健强, 张燮, 罗明标, 王志畅 [查看详情](#) 2007(08)
9. Chen H. W.; Zheng J.; Zhang X.; Luo M. B.; Wang Z. C.; Qiao X. L. Surface desorption atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry for direct ambient sample analysis without toxic chemical contamination. [外文期刊] 2007(08)
10. Chen H. W.; Liang H. Z.; Ding J. H.; Qiao X. L. [查看详情](#) 2007
11. 杨水平; 陈焕文; 杨宇玲; 胡斌, 张燮, 周瑜芬, 张丽丽, 顾海威 鸡蛋中三聚氰胺的表面解吸常压化学电离串联质谱法成像[期刊论文]-分析化学 2009(03)
12. 杨水平; 胡斌; 李建强; 韩京, 张燮, 陈焕文, 刘清, 刘清琚, 郑健 表面解吸常压化学电离质谱法直接测定奶粉中三聚氰胺[期刊论文]-分析化学 2009(05)
13. 梁华正; 陈焕文 表面解吸常压化学电离质谱法快速测定茶叶化学指纹图谱[期刊论文]-应用化学 2008(05)
14. Yang S. P.; Ding J. H.; Zheng J.; Hu B. L.; Li J. Q.; Chen H. W.; Zhou Z. Q.; Qiao X. L. [查看详情](#) 2009
15. 王姜; 杨水平; 鄢飞燕; 刘艳, 李明, 宋宇航, 占叶兵, 陈焕文 微量果汁中痕量果糖的快速质谱检测[期刊论文]-分析化学 2010(04)
16. Wang P. P.; Bartlett M. G. [查看详情](#)[外文期刊] 1998

### 本文读者也读过(6条)

1. 宋庆浩, 王姜, 陈焕文, 金钦汉, SONG Qing-hao, WANG Jiang, CHEN Huan-wen, JIN Qin-han 表面解吸常压化学电离质谱法直接测定饮料中的抗坏血酸[期刊论文]-质谱学报2010, 31(5)
2. 梁华正, 杨水平, 邹延富, 张燮, 陈焕文, 刘清, 刘清珺, 郑健, LIANG Hua-Zheng, YANG Shui-Ping, HUAN Yan-Fu, ZHANG Xie, CHEN Huan-Wen, LIU Qing, LIU Qing-Jun, ZHENG Jian 表面解吸化学电离质谱法快速检测蔬菜中痕量氨基甲酸酯[期刊论文]-应用化学2009, 26(10)
3. 张华, 贾滨, 王姜, 杨水平, 陈焕文, ZHANG Hua, JIA Bin, WANG Jiang, YANG Shui-Ping, CHEN Huan-Wen 土豆泥中痕量可卡因的表面解吸常压化学电离质谱直接检测[期刊论文]-生命科学仪器2011, 09(1)
4. 李建强, 贾滨, 胡斌, 陈焕文, 曾祥泰, 肖日海, LI Jian-Qiang, JIA Bin, HU Bin, CHEN Huan-Wen, ZENG Xiang-Tai, XIAO Ri-Hai 肾结石中三聚氰胺的表面解吸常压化学电离质谱测定[期刊论文]-分析化学2010, 38(9)
5. 魏兴俭, 邓大超 多接收质谱法系统偏差校正技术研究[会议论文]-2007
6. 陈焕文, 赖劲虎, 周瑜芬, 邹延富, 李建强, 张燮, 王志畅, 罗明标, Chen Huan-Wen, Lai Jin-Hu, Zhou Yu-Fen, Huan Yan-Fu, Li Jian-Qiang, Zhang Xie, Wang Zhi-Chang, Luo Ming-Biao 表面解吸常压化学电离源的研制及应用[期刊论文]-分析化学2007, 35(8)

### 引证文献(3条)

1. 江游, 戴新华, 黄泽建, 熊行创, 方向 大气采样辉光放电质谱仪的设计与应用[期刊论文]-分析化学 2012(4)
2. 贺玖明, 罗志刚, 唐飞, 陈一, 龚涛, 何菁菁, 张瑞萍, 王晓浩, 再帕尔·阿不力孜 新型空气动力辅助离子源与不同类型质量分析器的快速接口技术[期刊论文]-高等学校化学学报 2012(5)
3. 欧阳永中, 韩京, 鲍廷义, 贾滨, 李超, 汪志成 新型常压热解离化学电离装置的研制及应用[期刊论文]-岩矿测试 2012(1)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_gdxxhxb201010011.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_gdxxhxb201010011.aspx)