

表面解吸常压化学电离质谱法 直接分析牙齿微区表面

王 姜, 李 倩, 顾海巍, 郭晓暉, 杨水平, 王志豪
(东华理工大学江西省质谱科学与仪器重点实验室, 南昌 330013)

摘要 采用纳升取样表面解吸常压化学电离质谱法(nano-SDAPCI-MS)结合主成分分析(PCA),建立了一种采用具有微米级针尖的金属取样针直接对龋齿不同部位取样并进行快速质谱分析的方法.数据分析结果表明,同一颗龋齿不同部位的质谱指纹谱图之间存在差异;在不需样品预处理的前提下通过串联质谱快速测定了龋齿中的乳酸、丙酮酸、苯乙酸和丙酸等成分.采用PCA方法可较好地将对龋齿病灶位置与邻近正常组织进行区分,也可对不同牙病及健康牙齿进行区分.本方法可方便地对牙齿进行直接微区分析,为鉴别牙齿疾病及观测治疗效果提供了一种快速、简单的方法,为生物体中微细部位的快速取样及直接质谱分析提供了一种可能的解决方案.

关键词 表面解吸常压化学电离; 质谱; 牙病; 微区分析

中图分类号 O657 文献标志码 A

近年来,不均一样品中化学成分分布分析被生物学、矿物学和医学等领域研究者广泛关注,痕量微区分析也成为分析科学的一个重要领域^[1-5].如何实现直接对样品进行原位痕量微区成分分析,克服传统分析方法操作繁琐、耗时和耗样量大等缺点成为分析化学研究的热点之一^[1,6].在医学诊断和治疗中如何准确判断病灶组织与健康组织边界是有效治疗的关键,这也使得发展一种活体、实时、微区分析方法变得尤为重要^[7,8].目前,微区分析方法有激光烧蚀与电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)联用技术^[9,10]、显微傅里叶红外光谱(Micro-FTIR)技术^[11]、X射线能谱分析和扫描电子显微镜法^[12,13]以及能量转移技术^[14]等,这些方法的微区分析效果好、准确性高.然而,现有微区分析方法多数为离线分析,无法实现生物体样品的快速微区分析.因此,建立一种可对生物体微细部位进行实时微区分析的方法十分必要.

表面解吸常压化学电离(SDAPCI)^[15-18]是将通过电晕放电产生的初级试剂离子作用于样品,使样品中待测分子解吸并电离的一种电离方式.SDAPCI作为一种对样品无污染、无需样品预处理、检测速度快、可实现实时在线检测的电离方法已被用于食品安全、建筑材料鉴别、药品及医学检验等多个领域^[19-24].如Yang等^[20]采用SDAPCI-MS方法研究了三聚氰胺的质谱碎裂模式,并直接测定了奶粉中的三聚氰胺;李建强等^[21]采用SDAPCI-MS方法快速测定了肾结石中的三聚氰胺和尿酸等成分;Zhu等^[22]采用SDAPCI-MS方法快速鉴定了樟木木材的品质等.作为一种低样品耗量的表面解吸常压化学电离方法,纳升取样表面解吸常压化学电离质谱(nano-SDAPCI-MS)法^[24]有望用于生物体中微细部位的快速取样及质谱分析.本文以牙齿为研究对象,采用nano-SDAPCI-MS法建立了一种通过具有微米级针尖的取样针对人体牙表面的微小区域进行取样及直接质谱分析,同时结合主成分分析(PCA)^[25]对牙齿表面进行直接痕量微区分析的方法.

收稿日期: 2015-01-04. 网络出版日期: 2015-05-08.

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 21165001, 21175019)、国家重大科学仪器设备开发专项(批准号: 2011YQ170067)和教育部新世纪优秀人才支持计划(批准号: NCET-11-0999)资助.

联系人简介: 杨水平,男,教授,主要从事有机质谱分析方面的研究. E-mail: wxipysp@163.com

1 实验部分

1.1 仪器与材料

LTQ-XL 型线性离子阱质谱仪, 配有 Xcalibur 2.0 数据处理系统(美国 Finnigan 公司); 表面解吸常压化学电离(SDAPCI)源由东华理工大学研制^[15]; 汉医针灸针规格为 ϕ 0.30 mm \times 50 mm, 针尖为微米级^[23](天津华鸿医材有限公司产品). 乳酸(分析纯, 中国西陇化工股份有限公司); 实验用水为二次蒸馏水.

研究对象为健康人与牙病患者, 共 18 例, 其中健康牙 3 例、龋齿 9 例(浅龋、中龋和深龋各 3 例)、牙龈炎 3 例、牙周炎 3 例, 年龄 23 ~ 25 岁. 研究对象均未见全身系统性疾病, 3 个月内均未服用激素或抗生素类药物, 未做过局部手术治疗. 实验时采用具有微米级针尖的金属取样针对天然牙表面各取样点进行直接取样.

1.2 实验方法

质谱条件: 负离子模式, 扫描范围 m/z 50 ~ 800, 电离电压 3.5 kV, 离子传输管温度 160 $^{\circ}\text{C}$ ^[15 24]; 母离子隔离宽度为 1.0 Da, 碰撞能量为 25% ~ 35%, 碰撞时间为 50 ms. 其它条件由 LTQ-MS 系统自动优化得到.

nano-SDAPCI 离子源的实验装置如图 1 所示. 放电针针尖与质谱口处于同一水平位置, 调节放电针针尖与质谱口的距离(d)约为 10 mm, 放电针与质谱口水平方向上夹角(α)为 30 $^{\circ}$, 实验时采用竖直进样, 即纳升取样针与质谱口水平方向上的夹角(β)为 90 $^{\circ}$. 以空白为背景, 每种样品平行进样 10 次, 所有质谱图均为扣除背景的结果.

数据处理: 将实验得到的各组质谱数据分别导入到 Excel 表中, 自变量为质荷比(质量范围 m/z 50 ~ 800), 因变量为质谱指纹谱图(MS^1)的绝对丰度; 然后将这些数据导入 Matlab 里进行 PCA 计算并作图.

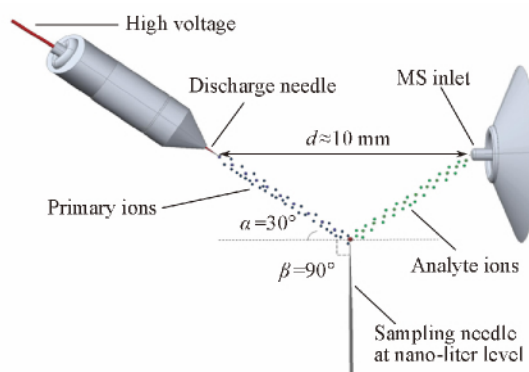


Fig. 1 Schematic drawing of nano-SDAPCI-MS

2 结果与讨论

2.1 nano-SDAPCI-MS 分析条件的优化

牙菌斑上细菌代谢产生的有机酸或挥发性脂肪酸是直接威胁牙齿健康的主要物质. Margolis 等^[26]采用离子色谱法分析了牙菌斑的成分, 并报道了其中主要代谢分子包括乳酸、丁二酸、丙酸和乙酸等(其中乳酸、丙酸和乙酸为牙菌斑中最主要的有机酸)的浓度. 根据上述信息, 本实验选取龋坏组织样品为研究对象, 采用 nano-SDAPCI-MS 方法检测到了龋齿中含有 m/z 89 的信号峰[图 2(A)], 初步鉴

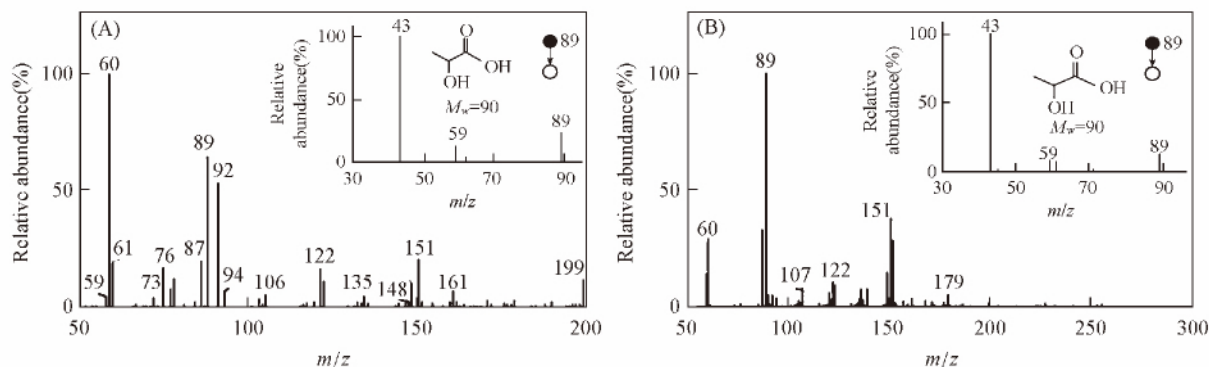


Fig. 2 SDAPCI-MS spectra of a cavity sample(A) and standard lactic acid(B) in negative ion detection mode

Insets are MS/MS spectra of the peak at m/z 89(lactic acid).

定为去质子化的乳酸. 如图2(A)中插图所示,对母离子 m/z 89 进行碰撞诱导解离(CID)后,主要产生 m/z 43 和 m/z 59 的碎片离子,这是因为母离子 m/z 89 在碰撞诱导解离前发生了氢质子的转移,经碰撞诱导解离后发生 α 碎裂,从而生成强的信号峰 m/z 43 ($\text{CH}_3\text{C}=\text{O}-$) 和 m/z 59 ($\text{CH}_3\text{COO}-$),这与文献[26-27]结果一致. 实验还采用 nano-SDAPCI-MS 方法对乳酸标准样品进行了 MS/MS 谱对照分析[图2(B)]发现,乳酸 m/z 89 (CE 10%) 标准样品产生了 m/z 43 (100%) 和 m/z 59 (8%) 的碎片峰,这与图2(A)结果一致. 以上结果表明, nano-SDAPCI-MS 可应用于牙齿样品中乳酸的检测与鉴定.

因此,根据乳酸在牙菌斑研究中的重要性及其在 nano-SDAPCI-MS 方法中的可检测性,本文选取乳酸($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, lactic acid)去质子化失去质量数 46 得到的碎片离子 m/z 43 为例,对 nano-SDAPCI-MS 条件进行了优化. 如图3所示,在电离电压为 3.5 kV,放电针尖与质谱口的距离 d 为 10 mm,放电针与质谱口水平方向上夹角 α 为 30° 时,获得了较好的解吸电离效果,信号强度较大. 因此,实验选择电离电压为 3.5 kV, $d=10$ mm, $\alpha=30^\circ$.

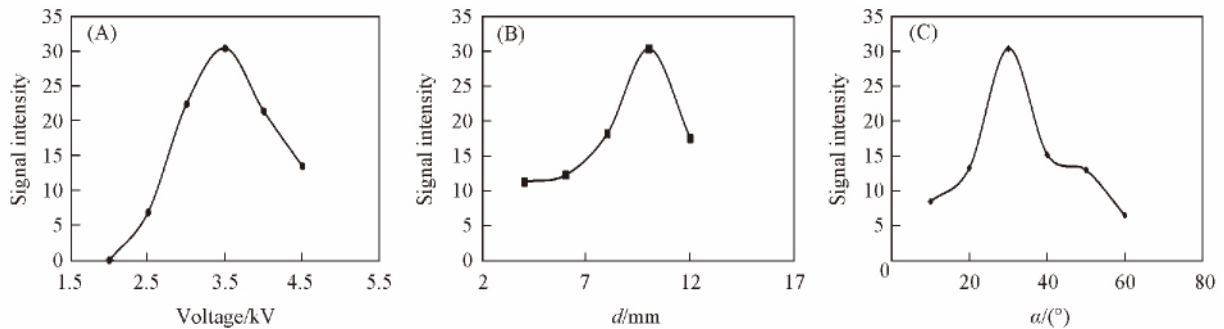


Fig. 3 Optimization of nano-SDAPCI-MS working conditions on the SDAPCI signal levels

(A) Ionization voltage; (B) distance; (C) angle.

在优化的实验条件下,采用 nano-SDAPCI-MS 方法还同时检测到龋齿中去质子化的 m/z 87(丙酮酸)、 m/z 135(苯乙酸)和 m/z 73(丙酸)等成分,结果如图4(A)所示. 图4(B)为 m/z 87 的二级谱图,其特征碎片离子 m/z 43 和 m/z 59 分别是由母离子 m/z 87 经 CID 丢失 CO_2 和 CO 基团所形成. 根据这

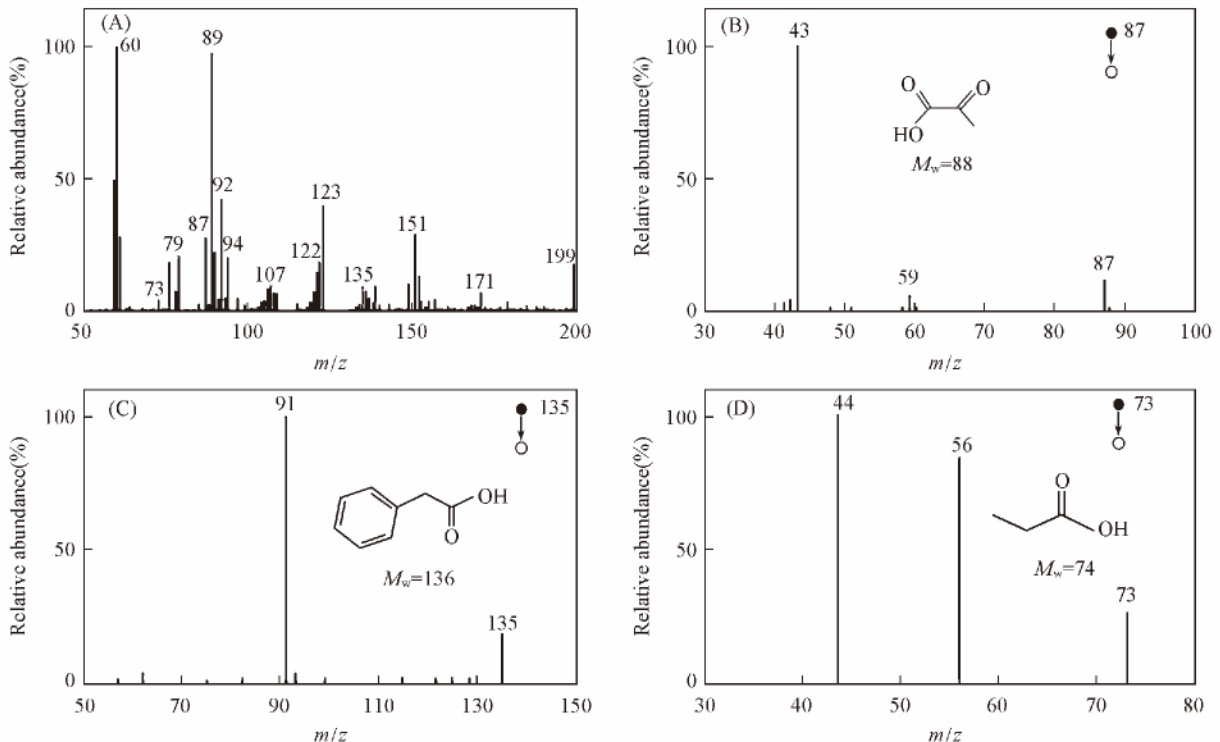


Fig. 4 nano-SDAPCI-MS (A) and MS/MS (B-D) spectra for cavity samples in negative ion detection mode

(B) — (D): MS/MS spectra of m/z 87, 135 and 73, respectively.

些碎片离子特征,可以推断 m/z 87 为去质子化的丙酮酸 [CH_3COCO^-],这与文献[28]采用亲水性相互作用色谱-串联质谱法(HILIC-MS/MS)检测结果一致.同理,根据丢失碎片规律及文献[29~31]可知,图4(C)中 m/z 135 为去质子化的苯乙酸 [$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2^-$],图4(D)中 m/z 73 为去质子化的丙酸 [$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$].

2.2 同一颗龋齿上不同取样点的微区分析

实验选取了一颗龋齿上的不同取样点作为微区分析对象,依次对龋坏组织、龋坏组织边缘、牙尖及牙槽4个取样点所取样品进行 nano-SDAPCI-MS 分析,在负离子模式下获得的 nano-SDAPCI-MS 一级谱图如图5所示.由于进样针本身能够产生相应的信号,为了便于与实际样品进行区分,以未取样的进样针进行了空白实验.

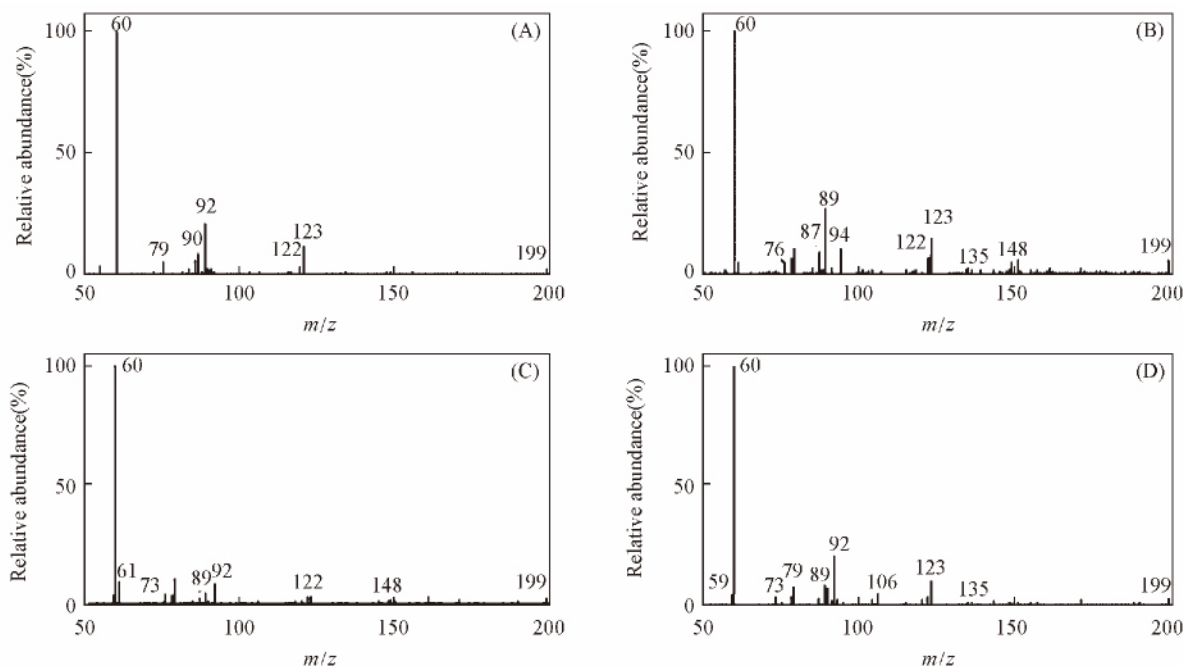


Fig. 5 SDAPCI-MS spectra of an acupuncture needle for a blank sample(A), edge of cavity(B), tooth cusp(C) and tooth sulcus(D) from one tooth in negative ion detection mode

由图5(A)可见,空白样品在负离子模式下得到较明显的 m/z 60, 90, 92, 122 和 123 等离子信号,这可能是空白样品及空气中存在的 H_2O 和 N_2 等电离产生的信号^[8],实验中背景峰与实验目的的相关性较小,因此未对上述背景峰进行深入解析.

在负离子模式下获得的龋坏组织的 SDAPCI-MS 谱图[图4(A)]中,可观测到 m/z 89, 87, 135 和 73 等离子信号,丰度相对较低,这是因为目标物的含量较少,致使其信号难以从背景信号中凸显出来.在图5(B)~(D)中也可观察到相同的 m/z 89, 87, 73 等离子信号,说明龋齿邻近组织的主要成分与龋坏组织类似,但相对强度不同,龋齿邻近组织中[图5(B)~(D)] m/z 89 和 m/z 87 的质谱信号强度较龋坏组织[图4(A)]均有不同程度的降低.此外,与龋齿邻近组织的谱图相比,龋坏组织的谱图则相对复杂.这是由于龋坏组织中的牙菌斑代谢产物的成分比邻近正常组织复杂,导致龋坏组织的 SDAPCI-MS 谱图相对比较复杂^[20].以上结果表明,采用 nano-SDAPCI-MS 技术可以实现对牙齿表面各个微细部位的直接分析,结合碰撞诱导解离(CID)技术可判断牙齿表面上的一些牙菌斑代谢产物成分.

2.3 主成分分析

主成分分析(PCA)是一种多变量的统计分析方法,在质谱分析中应用 PCA 的目的是对质谱数据进行降维(用较少的综合指标来代替原来具有一定相关性的较多指标),以反映原来多变量的大部分信息^[32].为了更直观地观察同一颗龋齿不同取样点的微小区别,在负离子模式下于4个取样点各采集了

30 个样本(共 120 个样本)的 SDAPCI-MS 数据(所有数据均剔除背景中的信号峰 m/z 60, 90, 92, 122 和 123), 并通过 Matlab 软件对 m/z 50 ~ 800 范围内的 SDAPCI-MS 一级质谱数据进行 PCA 分析, 自动得到各个主成分的得分图. 由图 6 可见, PC1, PC2 和 PC3 的贡献率分别为 46.2%, 19.4% 和 13.7%, 三者之和为 79.3%; 从其 PCA 图中可明显观察到龋坏组织的各个不同取样点的样品数据均落在相对集中的区域; 龋坏组织边缘样品数据离龋坏组织最近, 甚至有重叠; 牙槽样品数据落在离龋坏组织最远的地方, 完全分开; 牙尖样品数据则落在龋坏组织边缘与牙槽之间, 处于相对集中的区域. 这是由于牙表面上有机酸及挥发性脂肪酸等牙菌斑的代谢产物复杂程度不同所致, 龋坏组织上的牙菌斑代谢产物较复杂, 龋坏组织边缘、牙尖、牙槽上的牙菌斑代谢产物则相对简单, 因此得到图 6 的 PCA 分布结果, 这也对应了 2.2 节中龋坏组织的一级质谱图邻近正常组织的一级谱图更复杂的现象.

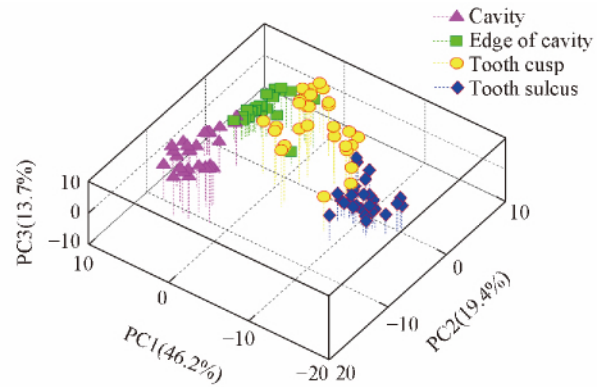


Fig. 6 3D plots of PCA score results for cavity, edge of cavity, tooth cusp and tooth sulcus on the same tooth in negative ion detection mode

上述数据讨论了同一颗龋齿不同取样点的 PCA 区分效果, 为了验证数据的可靠性和不同牙病可能出现的相互干扰, 实验利用 PCA 对无龋、浅龋、中龋和深龋患者, 以及健康牙、牙龈炎与牙周炎患者进行区分, 取样位置均为病灶组织. 选取的样品分为无龋组、浅龋组、中龋组和深龋组(各 30 个样本, 共 120 个), 以及健康牙、牙龈炎组和牙周炎组(各 30 个样本, 共 90 个), 在负离子模式下, 将 m/z 50 ~ 800 范围内的各组样品的 SDAPCI-MS 数据导入 Matlab 软件中进行 PCA 分析, 结果如图 7 所示. 可见, 患龋程度不同的各组样品都能得到较好的区分, 健康牙、牙龈炎及牙周炎样品也能被有效区分. 经计算, 深龋中乳酸信号强度的相对标准偏差(RSD)为 7.8% ($n = 12$).

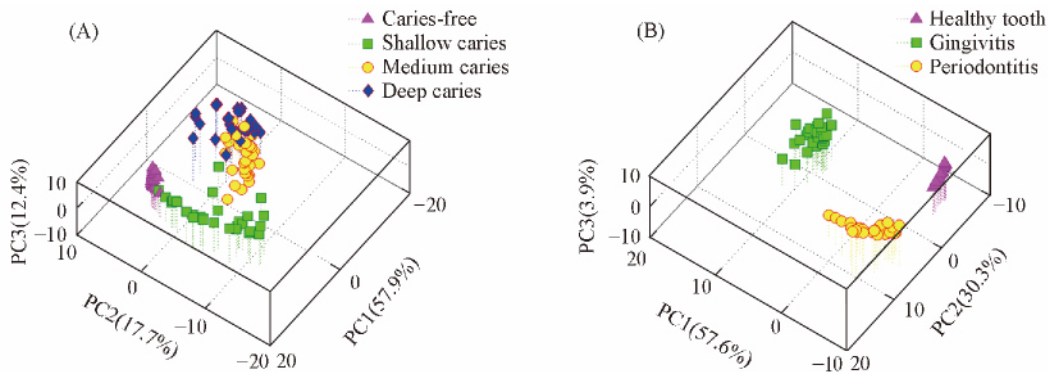


Fig. 7 PCA results of dental disease in different degrees using SDAPCI-MS data in negative ion detection mode

- (A) 3D plots of PCA of caries-free, shallow caries, medium caries and deep caries;
 (B) 3D plots of PCA of healthy tooth, gingivitis, and periodontitis.

3 结 论

利用 nano-SDAPCI-MS 技术可对不同健康状况的牙齿微区表面成分进行直接分析, 得到 m/z 50 ~ 800 范围内的指纹谱图, 并对其中常见的化学成分进行了串联质谱鉴定; 同时, 结合 PCA 方法可对牙齿微区表面不同的取样点进行较好的区分, 该方法有望成为一种较为快速、简单地鉴别牙齿疾病、观测治疗效果的方法. 该方法经过进一步研究有望成为癌症病灶组织与健康组织的区分等临床快速检测、生物体中微细部位的低损伤快速取样及生物活性物质分布情况的直接质谱分析方法, 为具有

一定成分差异的医学样品的结构或生物组织边界的区分提供一种可能的快速分析解决方案。

参 考 文 献

- [1] Hertz-Schünemann R., Streibel T., Ehlert S., Zimmermann R., *Anal. Bioanal. Chem.*, **2013**, 405(22), 7083—7096
- [2] Xu Q., Wang M., Yu S. Q., Tao Q., Tang M., *Analyst*, **2011**, 136(23), 5030—5037
- [3] Wurz P., Abplanalp D., Tulej M., Iakovleva M., Fernandes V., Chumikov A., Managadze G., *Solar Syst. Res.*, **2012**, 46(6), 408—422
- [4] Wang Q. G., Li D., Lu N., Tong D. Y., Zhuang H. J., Li F. Q., Wang L., Duan H. F., Lin Y. J., *Chem. J. Chinese Universities*, **2014**, 35(10), 2114—2118(王庆国, 李丹, 鹿宁, 童丁毅, 庄何靖, 李福秋, 王岚, 段海峰, 林英杰. 高等学校化学学报, **2014**, 35(10), 2114—2118)
- [5] Xiu Y., Zhou Y., Gao Q., Chen J. S., Li G. D., *Chem. Res. Chinese Universities*, **2013**, 29(1), 189—192
- [6] Arrowsmith P., *Anal. Chem.*, **1987**, 59(10), 1437—1444
- [7] Abdullah M. M., Ly A. R., Goldberg W. A., Clarke-Stewart K. A., Dudgeon J. V., Mull C. G., Chan T. J., Kent E. E., Mason A. Z., Ericson J. E., *J. Autism Dev. Disord.*, **2012**, 42(6), 929—936
- [8] Huth K. C., Lussi A., Gygax M., Thum M., Crispin A., Paschos E., Hickel R., Neuhaus K. W., *J. Dent.*, **2010**, 38(12), 1019—1026
- [9] Liu M. W., He Y., *Adv. Earth. Sci.*, **2003**, 18(1), 116—121(刘民武, 赫英. 地球科学进展, **2003**, 18(1), 116—121)
- [10] Zhang D., Feng L. X., Wang J., Shen D. R., Xiong J. P., *Chem. J. Chinese Universities*, **2014**, 35(9), 1889—1895(张丹, 冯流星, 王军, 申黛瑞, 熊金平. 高等学校化学学报, **2014**, 35(9), 1889—1895)
- [11] Liu Y., Yang Z. W., Desyaterik Y., Gassman P. L., Wang H., Laskin A., *Anal. Chem.*, **2008**, 80(3), 633—642
- [12] Dierolf M., Menzel A., Thibault P., Schneider P., Kewish C. M., Wepf R., Bunk O., Pfeiffer F., *Nature*, **2010**, 467(7314), 436—439
- [13] Wang J. Z., Lu L., Choucair M., Stride J. A., Xu X., Liu H. K., *J. Power Sources*, **2011**, 196(16), 7030—7034
- [14] Ma G. B., Yang P., *Chemistry*, **1993**, 3(3), 29—29(马贵斌, 杨频. 化学通报, **1993**, 3(3), 29—29)
- [15] Chen H. W., Lai J. H., Zhou Y. F., Xun Y. F., Li J. Q., Zhang X., Wang Z. C., Luo M. B., *Chinese J. Anal. Chem.*, **2007**, 35(8), 1233—1240(陈焕文, 赖劲虎, 周瑜芬, 邹延富, 李建强, 张燮, 王志畅, 罗明标. 分析化学, **2007**, 35(8), 1233—1240)
- [16] Weston D. J., *Analyst*, **2010**, 135(4), 661—668
- [17] Kavvalakis M. P., Tzatzarakis M. N., Theodoropoulou E. P., Barbounis E. G., Tsakalof A. K., Tsatsakis A. M., *Chemosphere*, **2013**, 93(10), 2612—2620
- [18] Takats Z., Wiseman J. M., Gologan B., Cooks R. G., *Science*, **2004**, 306(5695), 471—473
- [19] Zhang X. L., Jia B., Huang K. K., Hu B., Chen R., Chen H. W., *Anal. Chem.*, **2010**, 82(19), 8060—8070
- [20] Yang S. P., Ding J. H., Zheng J., Hu B., Li J. Q., Chen H. W., Zhou Z. Q., Qiao X. L., *Anal. Chem.*, **2009**, 81(7), 2426—2436
- [21] Li J. Q., Jia B., Hu B., Chen H. W., Zeng X. T., Xiao R. H., *Chinese J. Anal. Chem.*, **2010**, 38(9), 1325—1328(李建强, 贾滨, 胡斌, 陈焕文, 曾祥泰, 肖日海. 分析化学, **2010**, 38(9), 1325—1328)
- [22] Zhu L., Yan J. P., Zhu Z. Q., Ouyang Y. Z., Zhang X. L., Zhang W. J., Dai X. M., Luo L. P., Chen H. W., *J. Agric. Food Chem.*, **2013**, 61(3), 547—552
- [23] Luo L. P., Wang J., Zhang W. J., Dai X. M., Fang X. W., Zhang X., Liu Y. L., Chen H. W., *Chinese J. Anal. Chem.*, **2013**, 41(7), 1050—1056(罗丽萍, 王姜, 章文军, 戴喜未, 方小伟, 张茜, 刘亚丽, 陈焕文. 分析化学, **2013**, 41(7), 1050—1056)
- [24] Wang J., Yang S. P., Yan F. Y., Liu Y., Li M., Song Y. H., Zhan Y. B., Chen H. W., *Chinese J. Anal. Chem.*, **2010**, 38(4), 453—457(王姜, 杨水平, 鄢飞燕, 刘艳, 李明, 宋宇航, 占叶兵, 陈焕文. 分析化学, **2010**, 38(4), 453—457)
- [25] Wold S., Esbensen K., Geladi P., *Chemometr. Intell. Lab.*, **1987**, 2(1), 37—52
- [26] Margolis H. C., Moreno E. C., *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.*, **1994**, 5(1), 1—25
- [27] Ross K. L., Tu T. T., Smith S., Dalluge J. J., *Anal. Chem.*, **2007**, 79(13), 4840—4844
- [28] Selwitz R. H., Ismail A. I., Pitts N. B., *The Lancet*, **2007**, 369(9555), 51—59
- [29] Bandu M. L., Watkins K. R., Bretthauer M. L., Moore C. A., Desaire H., *Anal. Chem.*, **2004**, 76(6), 1746—1753
- [30] Marahatta A., Bhandary B., Lee M., Kim D. S., Lee Y. C., Kim S. R., Kim H. R., Chae H. J., *J. Chrom. B*, **2012**, 903, 118—125
- [31] Donald L. P., Garry M. L., George S. K., *WB Saunderson's College Publishers*, **1996**, 300—310
- [32] Li M., Jia B., Ding L. Y., Hong F., Ouyang Y. Z., Chen R., Zhou S. M., Chen H. W., Fang X., *J. Mass Spectrom.*, **2013**, 48(9), 1042—1049

Direct Analysis of Micro Area on Tooth Surface by Surface Desorption Atmospheric Pressure Chemical Ionization Mass Spectrometry[†]

WANG Jiang , LI Qian , GU Haiwei , GUO Xiaotun , YANG Shuiping* , WANG Zhihao
(Jiangxi Key Laboratory for Mass Spectrometry and Instrumentation ,
East China Institute of Technology , Nanchang 330013 , China)

Abstract A novel analytical platform based on a nanoliter needle for sampling and surface desorption atmospheric pressure chemistry ionization mass spectrometry(SDAPCI-MS) for analysis was developed for the direct , fast and micro-area analysis of different parts of a human tooth , including cavity , cavity edge , tooth cusp and tooth sulcus. The results showed that the mass spectra from the four sampling spots on the same tooth were different , and that SDAPCI-MS detected lactic acid , pyruvic acid , phenylacetic acid and propanoic acid were confirmed using tandem mass spectrometry(MS/MS) . Principal component analysis(PCA) of the mass spectral data successfully differentiated the different sampling spots , levels of tooth decay and levels of gum disease. Therefore , our nano-SDAPCI-MS approach provides a promising way for micro-area analysis with fast , minimal pretreatment sampling , enabling rapid , simple and reliable surface MS investigation.

Keywords Surface desorption atmospheric pressure chemistry ionization; Mass spectrometry; Tooth disease; Micro-analysis
(Ed. : N , K)

[†] Supported by the National Natural Science Foundation of China(Nos. 21165001 , 21175019) , the National Key Scientific Instrument and Equipment Development Project of China(No. 2011YQ170067) and the Program for New Century Excellent Talents in University of China(No. NCET-11-0999) .

欢迎订阅《Chemical Research in Chinese Universities》



《Chemical Research in Chinese Universities》(CRCU , 高等学校化学研究 , 英文版 , 双月刊) 创刊于 1984 年 , 是中华人民共和国教育部委托吉林大学主办的英文版化学学科综合性学术刊物 , 为 SCI 收录期刊 , 2013 年影响因子 1.119。

《CRCU》聘请了 87 位学术造诣精深的国内外知名化学家组成学术阵容强大的编委会 , 其中中国科学院院士 37 位。主编为中国科学院院士、高分子化学家周其凤教授。

《CRCU》栏目包括研究论文、研究快报和综合评述。以“新、快、高”(即选题内容新,文章发表速度快和学术水平及编辑出版质量高)为办刊特色,集中报道我国高等院校和中国科学院各研究所在化学学科及其交叉学科、新兴学科、边缘学科等领域开展的基础研究、应用研究和重大开发研究所取得的最新成果。

《CRCU》从 2013 年第 29 卷第 1 期起,与国际著名出版商 Springer 公司开展合作出版工作。纸版刊物的海外发行由 Springer 独家代理,电子版纳入 SpringerLink 网络平台。欢迎广大化学工作者踊跃投稿,并给予关注和支持。

《CRCU》采用在线投稿,网上审稿,胶版印刷,编排规范,装帧质量高。国内定价 90 元/期(540 元/年),国际刊号 ISSN 1005-9040,国内刊号 CN 22-4183/06,邮发代号 12-470。国内读者可在当地邮局订阅。

欢迎投稿! 欢迎订阅!

通讯地址: 长春市南湖大路 5372 号吉林大学南湖校区《高等学校化学学报》编辑部; 邮政编码: 130012

联系电话: 0431-88499216, 88499870, 88499867, 88499264; 传真: 0431-88499216

E-mail: cjcu@jlu.edu.cn; http://www.cjcu.jlu.edu.cn