

火锅店空气质量及 VOC 污染调查

——以重庆主城为例

宋丹¹, 赵琦¹, 黄颜欢¹, 安娜¹, 张瑜龙², 杨超², 张云鹏²

(1. 重庆市环境科学研究院, 重庆 401147; 2. 重庆华测检测技术有限公司, 重庆 400707)

摘要: 在重庆主城区选取3家典型燃气麻辣火锅店进行午高峰和晚高峰空气污染物测试和采样, 用Tenax吸附管进行VOC吸附采样, 并用气相色谱-质谱联用法对吸收管样品进行定性定量分析。现场污染测试显示, 在午高峰晚高峰时段, 火锅店空气CO、甲醛和VOC浓度都有不同程度超标。经对比分析, 火锅蒸汽含有68种挥发性组分, 包括醇类、烯类、酯类、醛类、酸类、醚类和含氮含硫及杂环类化合物7种, 其中醇类占比最多, 烯类次之; 火锅店室内空气占比最多的却是烯类, 醇类次之。醇类和烯类之和占VOC总量的86.39%~94.16%。

关键词: 空气质量; VOC污染; 重庆主城区

DOI: 10.14068/j. ceia. 2019. 03. 016

中图分类号: X823 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-6444(2019)03-0078-05

Investigation on Air Quality and VOC Pollution in Hotpot Restaurants

——Taking Chongqing as an Example

SONG Dan¹, ZHAO Qi¹, HUANG Yanhuan¹, AN Na¹, ZHANG Yulong², YANG Chao², ZHANG Yunpeng²

(1. Chongqing Academy of Environmental Science, Chongqing 401147, China; 2. Chongqing Huace Testing Technology Co., Ltd., Chongqing 400707, China)

Abstract: Three typical gas-fired hot pot restaurants were selected in the main urban area of chongqing to test and sample the air pollutants at noon peak and evening peak. VOC adsorption samples were collected by Tenax adsorption tube, and the absorption tube samples were qualitatively and quantitatively analyzed by gas chromatography-mass spectrometry. On-site pollution tests showed that during the peak hours of the afternoon and the peak hours of the evening, the concentrations of CO, formaldehyde and VOC in the air of hotpot restaurants exceeded the limits to varying degrees. Through comparative analysis, the steam of hot pot contains 68 volatile components, including alcohol, ene, ester, aldehyde, acid, ether, nitrogen, sulfur and heterocyclic compounds. Hot pot restaurant indoor air is the largest proportion of alkenes, alcohol is the next. The sum of alcohols and alkenes accounted for 86.39%~94.16% of VOC.

Key words: air quality; VOC pollution; Chongqing main urban area

餐饮油烟是大气PM_{2.5}污染源之一,与机动车尾气、工业废气一道被列为城市大气污染的“三大杀手”。作为火锅之都,重庆火锅店已占到餐饮业总店数的20%以上,成为餐饮业第一大品类。火锅空气污染既对消费者也对火锅从业者的健康造成损害,一直是卫生疾控部门关注的重点问题^[1-7],成为火锅业

持续健康发展亟待解决的关键问题之一。火锅店外排VOC污染,不能游离于生态环境部门“蓝天保卫战”餐饮油烟污染防治计划之外。由于烹饪油温不同,食材成分不同,食用模式不同,炒菜油烟和火锅异味两者外排污染组分存在明显差异。目前,火锅店空气VOC污染组分研究在重庆乃至国内几乎是空白^[8-12],对火锅店VOC污染治理也无有效的抓手。对重庆典型燃气火锅店空气质量以及VOC污染特征进行前期研究,可以为后续开展火锅店空气污染控制提供必要的技术支持。

收稿日期: 2018-12-29

作者简介: 宋丹(1981-),四川安岳人,硕士,高级工程师,主要从事环境科研与管理工作,Email: 27402520@qq.com

1 测试采样与方法

1.1 测试地点

渝北区冉家坝“市级美食一条街”的“地瓜火锅”总店; 渝北区龙头寺“火锅第一街”的舒家大院火锅店; 沙坪坝区三峡广场的“黄家码头”火锅店。按餐饮业规模评定标准, 这 3 个火锅店营业面积均属中等规模。其营业平面图如图 1 所示。

1.2 采样点位

因营业时间火锅店采样的特殊性, 本研究在火锅店大厅中间设立采样点。采样点高度与人就餐时呼吸带基本一致, 相对高度在 1.0 ~ 1.5 m。在采集火锅 VOC 样品时增加锅边吸收管采样点。

1.3 采样时间

营业前时段为 11:00 前, 午高峰时段为 12:00—13:00, 晚高峰时段为 19:00—20:00。在每个采样周期前, 在火锅店外进行环境空气背景测试和采样。VOC 吸收管样品采样时间为 30 分钟。

1.4 采样方法

VOC 富集采样使用 Tenax 吸收管, EM-4500 便携式气体采样器(深圳国技)。

1.5 仪器与设备

一氧化碳: 北京华云仪器 GXH-3011A1 型一氧化碳分析仪。二氧化碳: 北京华云仪器 GXH-3010E1 型二氧化碳分析仪。甲醛: 英国 PPM400 电化学传感器的便携式甲醛测定仪。可吸入颗粒物: 美国 3016-IAQ 便携式粉尘测试仪(配置温度和相对湿度传感器)。细菌总数: 盐城天悦 TYK-6 空气微生物采样器结合美国安德森空气采样器切割头进行采样。测试和采样前, 仪器均进行过相关法定校准和比对。

1.6 样品分析

Tenax 吸收管 VOC 组分采用 MARKES TD-400 热脱附仪与美国 Agilent 7890B-5977B 气相色谱-质谱联用仪进行分析。色谱柱选择 HP-5ms(30 m × 250 μm × 0.25 μm)。

2 结果与讨论

2.1 空气质量评价

火锅店空气质量评价按现行《饭馆(餐厅)卫生标准》(GB 16153—1996)的标准限值进行评价, 详见表 1。VOC 评价参考《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002)的标准限值进行评价。火锅店污染物

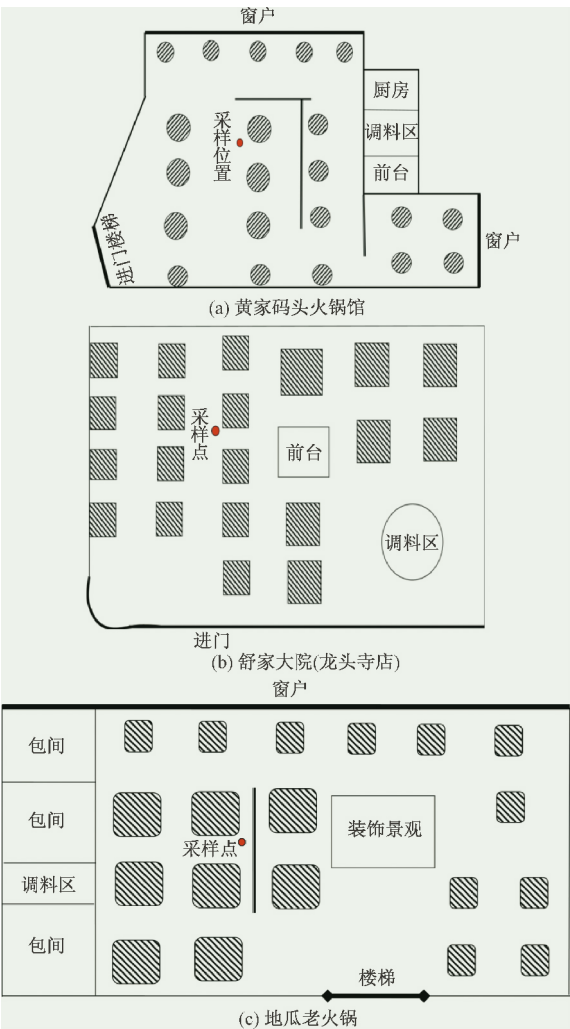


图 1 火锅店营业平面图
Fig. 1 The plan chart of Hot pot Shop

浓度与标准限值对比情况见图 2。

表 1 餐饮场所(火锅店)室内空气卫生标准值
(GB 16153—1996)

Table 1 Indoor Air hygiene standard values for dining places (hotpot shops)	
项目	标准值
温度/℃	18 ~ 22
相对湿度/%	40 ~ 80
风速/(m/s)	≤0.15
一氧化碳/(mg/m ³)	≤10
二氧化碳/%	≤0.15
甲醛/(mg/m ³)	≤0.12
可吸入颗粒物/(mg/m ³)	≤0.15
细菌总数(撞击法)/(cfu/m ³)	≤4000

注《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002) VOC 标准限值为 0.6 mg/m³。

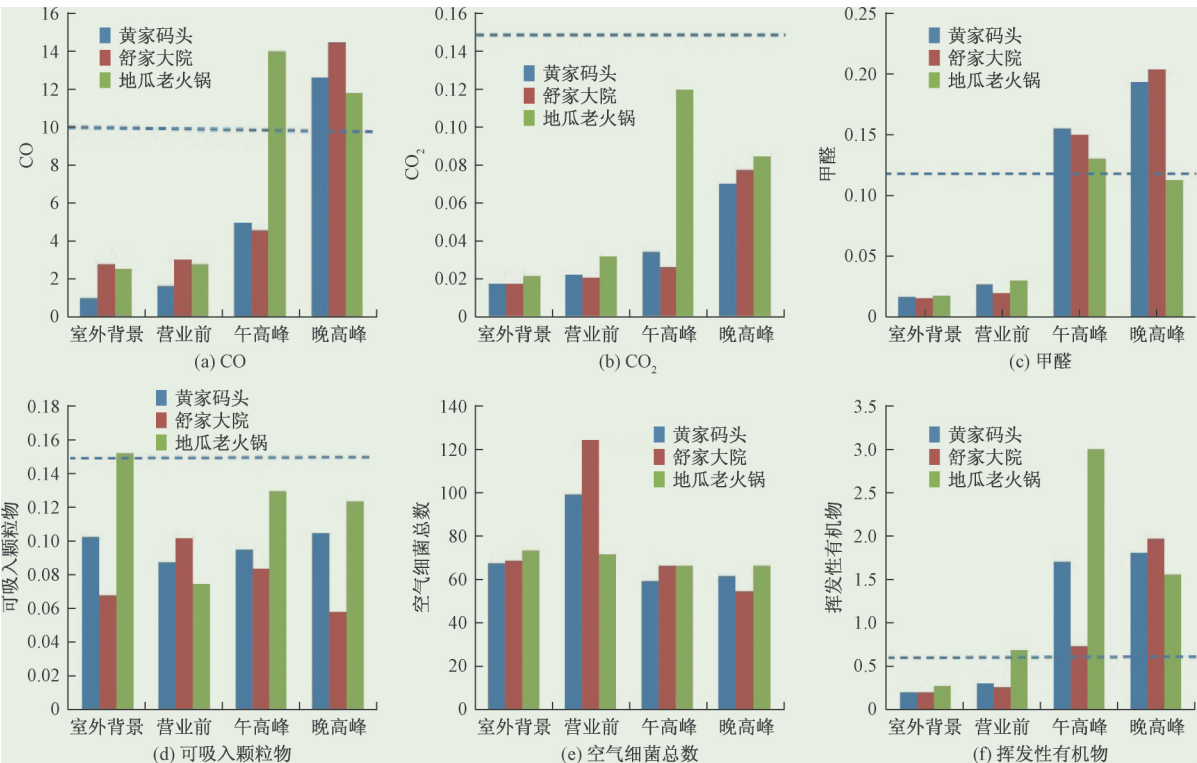


图 2 火锅店环境参数和污染物浓度与标准限值对比

Fig. 2 Comparison of environmental parameters and pollutant concentration with standard limit values in Hotpot shop

由组图 2 可见,各火锅馆空气污染物,营业前均未超标;晚高峰时段浓度水平高于午高峰时段;晚高峰时段有甲醛、一氧化碳和 VOC 三项指标超标,超标范围分别为 13% ~ 104%、18% ~ 45%、160% ~ 398.3%。就餐高峰时段,尽管火锅店开窗通风和新风启动,仍出现空气质量不达标不合格的情况。

2.2 VOC 污染特征

以黄家码头火锅店晚高峰时段为例,在火锅刚煮沸并持续 30 分钟以内作为第 1 时段 VOC 采样;煮沸后 30 分钟至 60 分钟以内作为第 2 时段 VOC 采样。分别在火锅边和距离地面 1.5 米火锅店室内空气采集 Tenax 吸收管样品,相关样品分析谱图和组分汇总结果如下:

由表 2 可见,不同采样条件下,挥发性有机物样品里面醇类、烯类、酯类、醛类、酸类、醚类和含氮含硫及杂环类化合物的相对浓度含量差异较大。火锅边 VOC 蒸汽含量最多的是醇类,具体有桉叶油醇、芳樟醇等,占总量的 53.47% ~ 58.93%;其次为烯类,具体有 β -蒎烯、异松油烯等,占总量的 29.55% ~ 32.92%。火锅店室内空气 VOC 含量最多的是烯类,

具体有(+) -柠檬烯、 β -蒎烯等,占总量的 60.26% ~ 80.92%,其次为醇类,如桉叶油醇、芳樟醇等,占总量的 13.24% ~ 33.50%。比较火锅边蒸汽和室内空气 VOC 组分发现,在火锅边蒸汽 VOC 组分贡献较多的桉叶油醇和二氢香芹醇在室内空气中含量降明显低,(+) -柠檬烯含量明显增加。初步判断是桉叶油醇和二氢香芹醇因极性较大,在室温下易吸附在人体头发、衣物表面、室内墙面、空气颗粒和水雾滴中,使得空气中的烯类物质相对含量上升成为占比最多的组分。

表 2 不同采样条件 VOC 组分相对含量对比

Table 2 Comparison of the relative content of VOC components under different sampling conditions

组分	相对含量/%			
	火锅边, 1 时段	火锅边, 2 时段	室内空气, 1 时段	室内空气, 2 时段
醇类	53.47	58.93	13.24	33.50
烯类	32.92	29.55	80.92	60.26
酯类	5.48	8.13	3.12	2.05
醛类	1.97	1.57	2.14	3.00
酸类	3.74	0.06	—	0.33
醚类	0.27	—	—	—
含氮含硫及杂环类	2.15	1.76	0.58	0.86

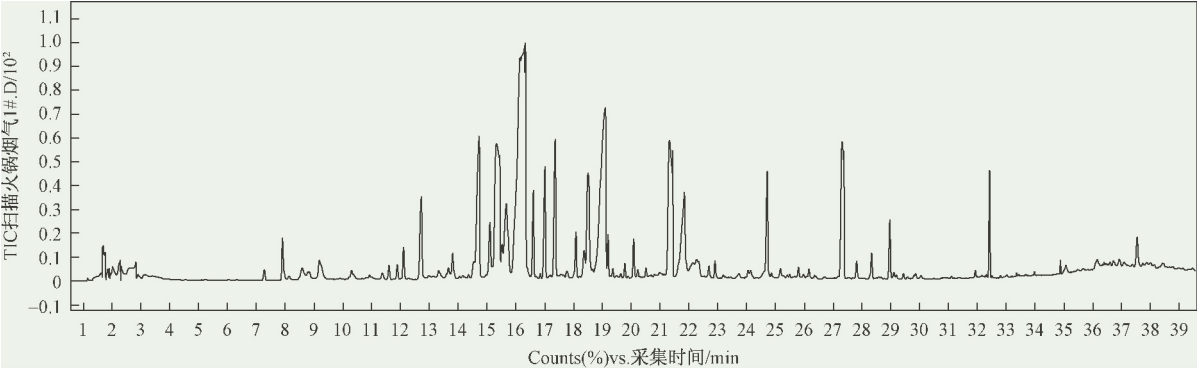


图 3 火锅边采样, 煮沸第 1 时段 VOC 污染物谱图

Fig. 3 Hot pot edge sampling point ,boiling 1th session VOC pollutant spectrum

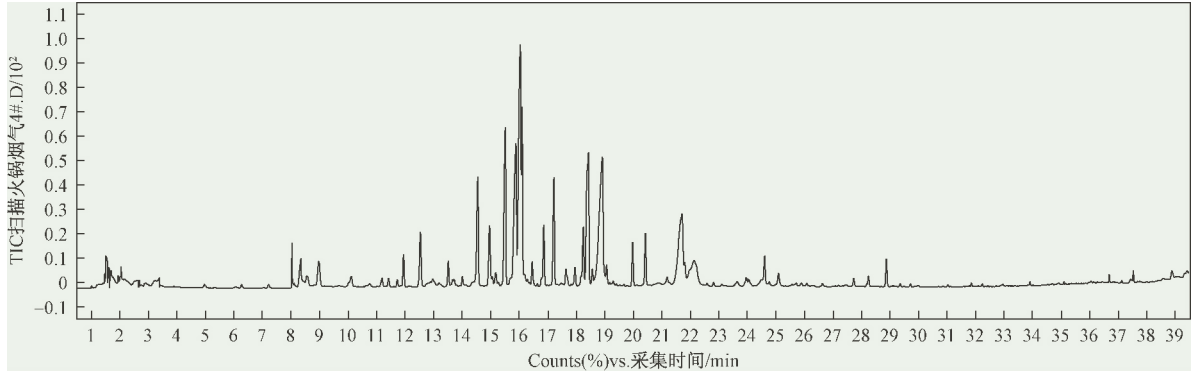


图 4 火锅边采样点, 煮沸第 2 时段 VOC 污染物谱图

Fig. 4 hot pot edge sampling point ,boiling 2nd session VOC Pollutant spectrum

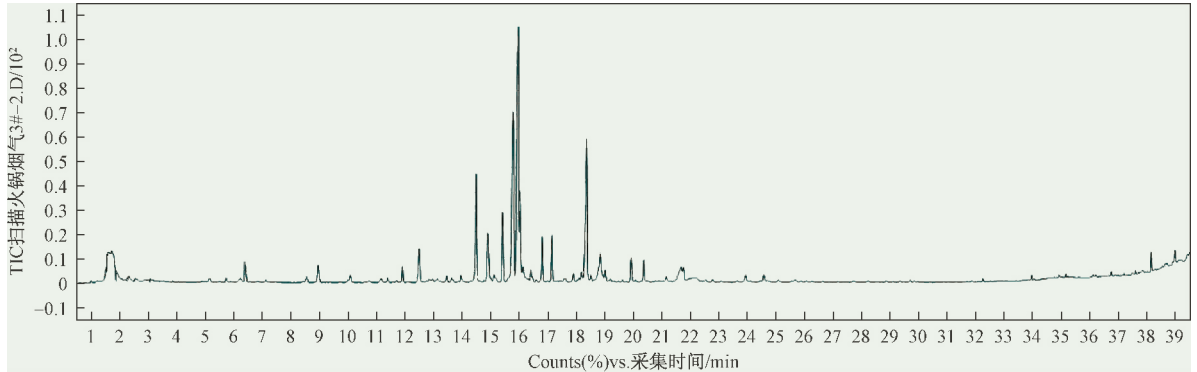


图 5 火锅店室内空气, 煮沸第 1 时段 VOC 污染物谱图

Fig. 5 Hot pot Shop indoor air ,boiling 1th session VOC pollutant spectrum

3 结论

(1) 火锅馆室内空气污染物浓度在一天以内呈现双峰型变化。营业前,各种污染物的浓度均较低。中高峰和晚高峰上随着就餐人数出现峰值,一氧化碳、甲醛、VOC 浓度迅速上升达到峰值,然后逐渐下

降。在高峰时段,虽然开窗通风和开启新风或抽风系统,以天然气为燃料的火锅馆空气质量仍达不到相关要求。

(2) 火锅边蒸汽含有醇类、烯类、酯类、醛类、酸类、醚类和含氮含硫及杂环类化合物 7 种。桉叶醇、芳樟醇和 β -蒎烯为含量居前三的污染组分。

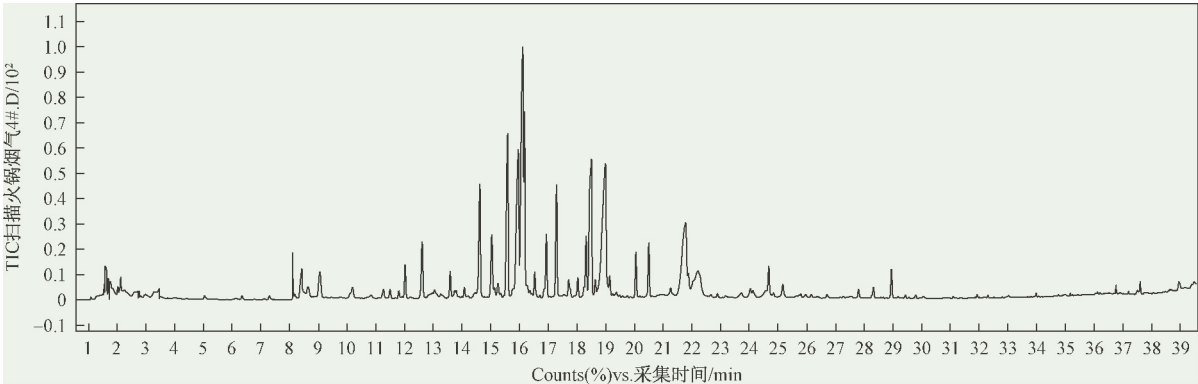


图 6 火锅店室内空气 ,煮沸第 2 时段 VOC 污染物谱图
Fig.6 Hot pot Shop Indoor air ,boiling 2nd session VOC Pollutant spectrum

(3) 火锅边蒸汽以及火锅店室内空气醇类和烯类之和占 VOC 总量的 86.39% ~ 94.16%。锅边蒸汽 VOC 含醇类化合物最多,烯类次之;醇类因极性较大容易被吸附,使得室内空气烯类成为店内空气 VOC 占比最多的组分。

4 对策建议

(1) 针对火锅店这类特殊就餐场所,建议国家有关部门制定专门的《火锅餐厅卫生标准》。在现有《饭馆(餐厅)卫生标准》(GB 16153—1996)的基础上,在人均空间容量、集气排风配置、炉灶密度及燃料限定等方面增加相应的规定,提高火锅店空气质量,维护从业者和就餐者的健康和安全,避免管理和执法上的无章可循。

(2) 火锅行业协会协同疾控卫生部门,每年对火锅店经营者和从业人员分期进行健康卫生知识培训,包括室内空气污染物的种类、来源、对健康的影响及其控制措施。在培训的基础上发放宣传小册。并对火锅店进行定期监督检查,确保相关规定的落实。

(3) 火锅馆燃料可影响火锅馆室内空气 CO、CO₂ 浓度水平。为尽量减小化石燃料带来的空气污染,应提倡火锅店将天然气燃料改造电炉具和电磁炉具,彻底杜绝由燃料燃烧导致的污染物。同时在火锅店设立专门的吸烟区,来进一步改善室内空气质量。

(4) 为了减少营业高峰期一氧化碳、甲醛和 VOC 在店内聚集污染,实现空气质量达标,可以做到在原有通风设施的基础上,在每台灶具上方配置大功率罩式排气装置以有效减少 VOC 废气的散排。

(5) 在主城区大中型火锅等餐饮企业的外排

烟道安装挥发性有机物的法定在线监测装置,实现环保监管抓手的落实,推进重庆市餐饮业油烟控制新地标的顺利实施。同时,安装油烟净化设施,确保排污企业持续达标排放。

参考文献 (References) :

[1] Shun Cheng Lee , Wai-Ming Li , Lo Yin Chan. Indoor air quality at restaurants with different styles of cooking in metropolitan Hong Kong [J]. The Science of the Total Environment , 279 (2001) 181-193.

[2] 孙桂兰 , 刘召红 , 王红梅. 火锅雅间内空气质量的监测分析 [J]. 中国卫生监督杂志 2005 , 12 (1) : 40-41.

[3] 吴先志 , 曲莉萍 , 段慧丽 , 等. 火锅餐厅的空气质量 [J]. 环境与健康杂志 2002 , 19 (3) : 242-243.

[4] 陈宇炼 , 陈诚 , 俞士鹏 , 等. 火锅店室内空气污染调查 [J]. 环境与健康杂志 2007 , 24 (7) : 524-526.

[5] 白喜顺 , 吴怀玉 , 白玮志 , 等. 火锅店空气卫生质量监测评价 [J]. 中国卫生检验杂志 2001 , 1 (05) : 613.

[6] 胡晓丽. 20 家餐厅空气质量调查 [J]. 中国卫生检验杂志 2008 (12) : 2746-2752.

[7] 杨小平 , 夏卫文 , 孙慧君 , 等. 火锅店就餐场所空气污染状况调查 [J]. 江苏卫生保健 2006 (6) : 27-28.

[8] 刘娜. 气质联用仪和气相闻香仪联用测定红油火锅底料香气成分及其涮煮前后香气变化 [C] // 第九届中国香料香精学术研讨会论文集. 北京 2012.

[9] 潘政春 , 路宁维 , 安琼 , 等. 火锅飘香剂挥发性成分的气相色谱-质谱法研究 [J]. 兰州大学学报 (医学版) 2012 , 38 (2) 22-25.

[10] 刘洋 , 张宁 , 徐晓兰 , 等. SDE/GC-MS 分析火锅底料的挥发性风味成分 [J]. 中国食品学报 2014 (2) : 283-291.

[11] 曾朝懿 , 张丽珠 , 田伟 , 等. 川渝地区特色红油火锅底料挥发性风味物质的比较及主成分分析 [J]. 食品工业科技 2016 (7) : 283-287.

[12] 汪冬冬 , 陈功 , 向丹 , 等. 差异性分析香辅料对火锅底料风味成分影响 [J]. 食品与发酵科技 2018 (3) : 64-69.