使用 GC/MS 和 GC-O 鉴定皖南烟叶主要呈香组分

倪 伟[1,2,3]，陈开波[1]，徐志强[1]，徐迎波[1]，周志磊[1,2,3]，毛 健[*1,2,3]

（1. 安徽中烟工业有限责任公司 烟草化学安徽省重点实验室，安徽 合肥 230088；2. 江南大学 粮食发酵工艺与技术国家工程实验室，江苏 无锡 214122；3. 江南大学 食品安全与营养协同创新中心，江苏 无锡 214122）

摘要：皖南烟叶具有焦甜香独特风格。使用顶空固相微萃取(HS-SPME)和同时蒸馏萃取(SDE)提取烟叶香气物质，结合 GC/MS 和嗅觉测量法(GC-O)对皖南烟叶中的主要呈香组分进行了鉴定。SDE 法得到了 26 个呈香物质，HS-SPME 法得到了 22 个呈香物质。进一步测定了呈香物质的阈值和香气活度值(OAV)，最终得到了 16 个皖南烟叶主要呈香物质(14 个 OAV 值大于 1 的物质以及茄酮和巨豆三烯酮)。4-乙烯基愈创木酚的香气强度最高，苯乙醛、芳樟醇等物质的香气强度也比较高。2-戊基呋喃、甲基环戊烯醇酮和 2-糠醛可能是皖南烟叶焦甜香的主要贡献者。

关键词：GC-MS/O；皖南烟叶；香气成分；主要呈香物质

中图分类号：TS 424　**文章编号**：1673-1689(2019)06-0137-07　**DOI**：10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.06.019

Identification of Main Aroma Compounds in Tobacco Leaves from Southern Anhui Using GC/MS and GC-O

NI Wei[1,2,3]，*CHEN Kaibo*[1]，*XU Zhiqiang*[1]，*XU Yingbo*[1]，*ZHOU Zhilei*[1,2,3]，*MAO Jian*[*1,2,3]

（1. China Tobacco Anhui Industrial Co.，LTD，Key Laboratory of Anhuifor Tobacco Chemistry，Hefei 230088，China；2. National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology，Jiangnan University，Wuxi 214122，China；3. Synergetic Innovation Center of Food Safety and Nutrition，Jiangnan University，Wuxi 214122，China）

Abstract：Caramel-like aroma，the unique style of southern Anhui tobacco. The aroma components of tobacco leaves from southern Anhui were extracted with head space-solid phase extraction (HS-SPME) and simultaneous distillation and extraction(SDE) and analyzed by GC/MS and GC-O. A total of 26 and 22 aroma compounds were obtained from SDE and HS-SPME，respectively. The thresholds and odor activity values were subsequently measured and the aroma intensity of aroma compounds were evaluated. Finally，16 significant aroma constituents were obtained including 14odorants with OAV higher than 1，solanone and megastigmatrienone. 4-Vinyl-2-methoxy-phenol showed the highest odor intensity，followed by phenylacetaldehyde and linalool. Furthermore，2-pentylfuran，methyl cyclopentenolone and 2-furfural were suspected the main contributor of caramel-like aroma of southern Anhui tobacco.

Keywords：GC-MS/O，southern Anhui tobacco leaves，aroma compounds，main odorants

收稿日期：2016-11-01

基金项目：烟草化学安徽省重点实验室 2014 年开放课题资助项目(0920150619005)。

* **通信作者**：毛 健(1970—)，男，博士，教授，博士研究生导师，主要从事食品生物技术、食品风味化学及发酵工程方面的研究。E-mail：maojian@jiangnan.edu.cn

引用本文：倪伟，陈开波，徐志强，等. 使用 GC/MS 和 GC-O 鉴定皖南烟叶主要呈香组分[J]. 食品与生物技术学报，2019，38(06)：137-143.

特色烟叶的开发是我国烤烟生产发展的重要方面,“焦甜香”近年来受到消费者和烟草行业的重视，其独特的香气十分适合生产中式卷烟的需求。皖南烟叶具有焦甜香的风格,表现为烟叶的香气浓郁,回甜感较强,香气浓郁,透发性好,具有浓香型的同时兼具焦甜香,是开发焦甜香型卷烟的理想材料。

烟叶香气和香气成分一直是烟草领域研究的热点之一,焦甜香是烤烟的典型香气之一。国内外研究人员对卷烟的焦甜香组分进行了探索。Matsukura 等[1]通过柱层析对烟叶烘焙挥发物进行了分析,检测到了甲基环戊烯醇酮、麦芽酚、菠萝酮等几种具有焦甜香的成分。张启东等[2]分析了主流烟气粒相物水溶性组分中烤甜香成分，认为呋喃类、环戊烯酮类、呋喃酮类和吡喃酮类化合物对烤甜香有直接贡献。这些化合物均具有烯醇化平面结构单元,这种结构的化合物通常具有焦甜特征风味[3]。通过分析化学成分与感官评分之间的相关性寻找香气的主要贡献物质是研究人员常用的方法之一。薛超群等[4]使用逐步回归分析了烟叶理化指标与焦甜感程度的相关性,发现糠醛、5-甲基糠醛、2-乙酰呋喃、香叶基丙酮是影响焦甜感程度的主要指标。一些研究人员探究了品种、气候条件、土壤、以及施肥等因素对皖南烤烟焦甜香的影响[5-9]。但是,总体来说人们对于皖南烟叶香气的主要贡献组分依然不明确。对于复杂基质,香气由多个化学组分贡献。如何在众多的化学成分中找出主要呈香组分是风味化学研究的热点和难点。气相色谱-质谱/嗅觉测量法(GC-MS/O)是解决这个问题的有效手段之一。在色谱流出物进质谱分析的同时以人的鼻子做为检测器，对流出峰进行气味特征和强度评价。它有效结合了气质联用仪高效分离、定性和定量的优势以及人鼻子灵敏度高的优势,可以帮助人们从复杂的混合物质中筛选出对香气有重要贡献的组分。

GC-O 在食品、环保、医学、香妆品化学等多个领域应用广泛。但是目前其在烟草研究中的应用很少,仅有寥寥数篇文献。Higashi 等[10]使用 GC-O 和预浓缩技术分析了卷烟侧流烟气的 VOC，鉴定出 30 多个香气成分。Bazemore 等[11]使用顶空固相微萃取(HS-HPME)和 GC-O 分析了雪茄消费者呼出的气体中的香气物质,发现吡啶类和吡嗪类物质是主要的呈香物质。随后 Cotte 等[12]建立了使用 GC-O 分析卷烟烟气的方法，鉴定了 6 个关键的呈香物质。国内研究人员也开始将 GC-O 用于烟草分析,陈丽君等[13]使用 GC-O 对烟草精油和津巴布韦烟叶的主要呈香物质进行了鉴定。随着近几年烟草行业对香型风格的重视及烟草风味研究的深入[14],GC-O 有望成为帮助研究人员揭示烟草香型和风格差异的重要手段之一。

本实验作者尝试采用气相色谱-质谱/嗅觉测量法(GC-MS/O)对皖南焦甜香烟叶中的主要呈香物质进行鉴定,为客观的进行焦甜香烟叶的筛选和评价提供借鉴和思考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 烟叶 皖南焦甜香型烟叶,由安徽中烟工业公司提供。

1.1.2 试剂 香味成分标准参照样:4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、苯乙醛、芳樟醇、β-二氢大马酮、香叶基丙酮、2-戊基呋喃、β-紫罗兰酮、苯乙酮、正己醛、苯乙醇、6-甲基-5-庚烯-2-酮、甲基环戊烯醇酮、2-糠醛、苯甲醛、2-甲基四氢呋喃-3-酮、3-羟基-2-丁酮、2,3-戊二酮、二氢猕猴桃内酯、苯甲醛、反式-2-戊烯醛、5-甲基呋喃醛、吡啶、2-乙酰基呋喃、麦芽酚、2-甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪以及 2-乙酰吡咯,内标为 2-乙酸苯乙酯,以上试剂均为分析纯,购于百灵威科技有限公司(中国,北京);溶剂为二氯甲烷(色谱纯),购自美国 Tedia 公司;无水硫酸钠(分析纯),购自国药集团化学试剂有限公司;实验中用到的其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器设备

SHZ 型水循环真空泵,上海亚荣生化仪器厂制造;Trace ISQ 气质联用仪,美国热电公司产品;RE-52AA 型旋转蒸发仪，上海亚荣生化仪器厂制造;ODP 嗅辩仪，德国 Gerstel 公司产品;50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头(2 cm)及萃取装置,美国 Supelco 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 样品的前处理 烟丝放入烘箱内，在 40 ℃下干燥 2 h,粉碎过 40 目筛。

1)顶空-固相微萃取。取 1 g 烟末,放入 20 mL 顶空瓶中,密封后在70 ℃平衡 14 h,然后于相同温度下吸附 60 min，萃取头为 30/50 μm CAR/DVB/PDMS,然后于气相色谱进样口 250 ℃解析 6 min。

2)同时蒸馏萃取。称取 25.0 g 烟末置于 SDE 装置一端的 1 000 mL 平底烧瓶中,并向其中加入 350 mL 饱和 NaCl 溶液,用调温电热器加热;装置的另一端接盛有 60 mL 二氯甲烷的 250 mL 圆底烧瓶,用 60 ℃的水浴加热;调节加热温度使水相和二氯甲烷相的馏出速度相等,萃取 2.5 h;将二氯甲烷萃取溶液冷却至室温,加入适量的无水硫酸钠干燥过夜,过滤,滤液中加入 25 μL IS(186 μg/mL),40 ℃水浴中减压旋转蒸发浓缩到 1 mL,再氮吹浓缩至 0.1 mL 进 GC-MS 分析[15]。

1.3.2 标准物质的储备液、校正曲线溶液的制备 分别准确称取一定量的标样,用二氯甲烷定容于 50 mL 容量瓶中制备成储备液。然后分别量取 10、25、50、100、200 μL 和 500 μL 储备液于 50 mL 容量瓶中,加入 12.5 mL 内标储备液(使定容后内标质量浓度为 46.5 μg/mL),使用二氯甲烷定容,制备成不同浓度梯度的标准物质混合溶液。

1.3.3 GC-MS 检测条件 色谱条件,色谱柱:HP-INNOWAX(30 m×0.25 mmi.d.,0.25 μmd.f.)毛细管色谱柱;进样口温度:240 ℃;载气:He;流速:1 mL/min;进样量:1 μL;分流比 10:1;升温程序:从 50 ℃以 4 ℃/min 升温到 200 ℃,再以 8 ℃/min 的升温速率升温到 230 ℃并保持 20 min;电离方式:电子轰击离子源(EI);离子源温度:230 ℃;电离能量:70 eV;传输线温度:250 ℃;扫描方式:选择离子监测(SIM)和全离子扫描(Scan)模式;扫描范围:50~350 amu;溶剂延迟 4 min。采用 Nist 质谱数据库检索结合标准物质进行定性分析,有标样的物质采用标准曲线定量,没有标样的物质忽略响应因子,假定目标物与内标的面积比等于浓度比进行近似定量[15]。

1.3.4 GC-O 分析

1)SPME-强度法。使用 SPME 结合强度法对烟草香气成分进行评估,2 个有经验的评价员参与实验,针对烟草香气物质对评价员进行额外的 20 个小时培训(每周 4 h,共 5 周)。分析时,评价员对每个色谱峰进行嗅闻分析,进行香气特征和强度评价,5 分代表非常强,4 分代表比较强,3 分代表中等强度,2 分代表比较弱,1 分代表很弱。

2)GC-O 和香气提取稀释分析(AEDA,aroma extract dilution analysis)。使用 SDE 处理的烟草样品进行 AEDA 分析,将样品按以下倍数进行梯度稀释:2 倍、4 倍、8 倍、16 倍、32 倍、64 倍、128 倍…。记录每一个流出峰能够闻到气味的最小浓度(最大稀释倍数),即为该物质的稀释因子(FD)。

1.3.5 阈值测定 使用三点检验法测定单个物质的阈值,参照国标 GB/T 12311-2012《感官分析三点检验》进行实验,使用纯水做参照样,将香气物质的稀溶液和参照样用三位随机数字编码,每 3 个杯子为 1 组,2 组样品一起呈送给评价员,评价员需判定 3 个杯子中气味最强的一个,最终通过统计正确率得到阈值,评价员人数为 32 人。

1.3.6 数据的处理与分析 所有样品至少测定 2 个平行,结果以平均值±标准偏差的形式表示。方差分析(ANOVA)使用 IBM SPSS19.0 软件进行处理。

2 结果与讨论

2.1 使用 GC/MS 和 GC-O 分析皖南烟叶主要呈香组分

目前烟叶香气成分提取常用的方法是 SDE,该法可以有效将香气物质从烟叶中提取出来,样品较干净,杂质少,该法的主要缺点是制样过程中需要长时间的加热过程,容易生成人工副产物。SPME 是一种近年来发展起来的高效检测方法,制样简单,灵敏度高,受到研究人员的重视。但是该法对香气物质的富集程度不如 SDE,不利于评价员在 GC-O 分析中评价色谱流出峰的香气。因此本研究使用 SDE 和 HS-SPME 2 种方法提取香味成分,结合 GC-O 对皖南烟叶主要呈香组分进行鉴定。

表 1 皖南烟叶 SDE 样品 GC/MS 和 GC-O 分析结果

Table 1 GC/MS and GC-O analysis results of tobacco leavesfrom southern Anhui extracted with SDE

序号	化合物名称	香气描述	稀释因子(FD,3 个重复的平均值)
1	吡啶	臭味	4
2	2,3-戊二酮	-	-
3	正己醛	-	-
4	反式-2-戊烯醛	蘑菇味	2
5	2-戊基呋喃	烘烤香	16
6	2-甲基吡嗪	烘烤,巧克力	2
7	2-甲基四氢呋喃-3-酮	奶油香	16
8	3-羟基-2-丁酮	奶油香	2
9	2,5-二甲基吡嗪	炒花生、巧克力	2
10	6-甲基-5-庚烯-2-酮	清香,果香	4
11	壬醛	青草香	8
12	2-糠醛	焙烤香	32

续表 1

序号	化合物名称	香气描述	稀释因子(FD,3 个重复的平均值)
13	(E,E)-2,4-庚二烯醛	青草味	1
14	癸醛	青草香	4
15	2-乙酰基呋喃	水果香	4
16	3-乙烯基吡啶	-	-
17	芳樟醇	清香	8
18	5-甲基呋喃醛	焦香	8
19	反-2-,顺-6-壬二烯醛	黄瓜香	4
20	苯乙醛	苦杏仁	32
21	茄酮	清香	8
22	3-乙酰吡啶	-	-
23	香叶基丙酮	花香	16
24	β-二氢大马酮	玫瑰香	4
25	苯乙醇	花香	2
26	β-紫罗兰酮	甜花香,果香	64
27	2-乙酰吡咯	面包香,烘烤香	4
28	巨豆三烯酮 1	柑橘味	4
29	巨豆三烯酮 2	柑橘味	16
30	二烯烟碱	-	-
31	二氢猕猴桃内酯	香豆味	4
32	新烟草碱	-	-
33	新烟碱	-	-
34	吲哚	-	-
35	2,3-联吡啶	-	-

注:“-”表示在 GC-O 分析中没有感受到气味

由于 SDE 法制备的样品为溶液,选择香气提取稀释分析法(AEDA)进行 GC-O 分析,使用稀释因子(FD)表示每个物质的香气强度[16]。表 1 显示了 SDE 法烟叶香气物质 GC/MS 和 GC-O 分析的结果,共检测到了 35 个物质,其中 26 个物质能感受到香气。把稀释因子大于等于 16 的香气物质认定为主要香气物质,得到了 7 个主要呈香物质,包括:2-戊基呋喃、2-甲基-4 氢呋喃-3-酮、2-糠醛、苯乙醛、香叶基丙酮、β-紫罗兰酮以及巨豆三烯酮。其中香气强度最大的是 β-紫罗兰酮。SDE 法样品制备需要高温长时间的加热过程,可能会有人为副产物生成,比如 2-糠醛和 2-甲基四氢呋喃-3-酮是糖裂解和美拉德反应的重要产物,二者的含量有可能被高估,因此有必要采用其他方法进行分析验证。

HS-SPME 法的原理是将香气物质吸附在萃取头上进行富集再于气相进样口解吸附,因此不方便进行梯度稀释,在进行 GC-O 分析时,强度法是比较合适的选择,使用有经验的评价员对色谱流出峰进行香气特征和香气强度的评价[16]。表 2 显示了使用 HS-SPME 法提取烟叶香气物质的 GC/MS-O 分析结果,共检测到了 36 个物质,其中 22 个物质可以感受到气味,除了吡啶和己酸产生了令人不悦的气味外,其他物质均产生了令人愉悦的香气。共有 10 个物质的香气强度超过了 3.0,包括:2-糠醛、芳樟醇、苯乙醛、茄酮、2-乙酰吡咯、麦芽酚、香叶基丙酮、β-紫罗兰酮、巨豆三烯酮和二氢猕猴桃内酯。其中香气强度最高的是香叶基丙酮和二氢猕猴桃内酯。与 SDE 法相比,HS-SPME 法鉴定了更多的主要香气物质,其中 2-糠醛、苯乙醛、香叶基丙酮、β-紫罗兰酮和巨豆三烯酮被 2 种方法鉴定为主要香气物质,说明这几种香气物质可能对皖南烟叶的香气有重要贡献。

表 2 皖南烟叶 HS-SPME 样品 GC/MS 及 GC-O 分析结果

Table 2 GC/MS and GC-O analysis results of tobacco leaves from southern Anhui extracted with HS-SPME

序号	化合物名称	气味描述	气味强度(3 个重复的平均值)
1	吡啶	臭味	2.5
2	乙酸	-	-
3	2-糠醛	苦杏仁、烘烤香	3.1
4	丙酸	-	-
5	6-甲基-5-庚稀-2-酮	清香	2.1
6	苯甲醛	苦杏仁	2.6
7	2-环戊烯-1,4-二酮	-	-
8	5-甲基糠醛	烘烤香	1.9
9	芳樟醇	清香	3.6
10	苯乙醛	杏仁、樱桃香	3.8
11	苯乙酮	甜香	2.4
12	异佛尔酮	-	-
13	己酸	汗味	2.6
14	2-羟基-3-甲基-2-环戊烯-1-酮	焦甜	2.8
15	3-乙酰基吡啶	爆米花,焦甜	1.7
16	苯甲醇	花香	2.2
17	苯乙醇	花香	2.8
18	茄酮	胡萝卜气味	3.3
19	2-乙酰吡咯	面包,烘烤	3.0
20	麦芽酚	烘烤,焦甜	3.1
21	尼古丁	-	-
22	香叶基丙酮	木兰香气	4.5
23	β-紫罗兰酮	木香,紫罗兰香	3.1
24	壬酸	-	-
25	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	丁香,香料香	2.4
26	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	-	-
27	巨豆三烯酮 1	-	-
28	巨豆三烯酮 2	柑橘味,甜香	3.5
29	尼古他因	-	-
30	新植二烯	清香	2.2
31	巨豆三烯酮 3	-	-
32	二氢猕猴桃内酯	香豆味	4.2
33	2,3′-联吡啶	-	-
34	棕榈酸甲酯	-	-
35	β-二氢大马酮	-	-
36	法尼基丙酮	-	-

注:“-”表示在 GC-O 分析中没有感受到气味

2.2 使用香气重组法验证皖南烟叶主要香气组分

前面使用 GC-MS 结合 GC-O 得到了皖南焦甜香烟叶中的主要呈香组分,这种方法可以得到不同物质对烟叶香气的贡献大小,也评估了单个物质的香气特点。但是烟叶中含有多种香气物质,实际上这些物质之间可能存在复杂的相互作用,使用 GC-O 也不能评估样品基质对香气物质的影响。因此,需要使用风味重组法对前述研究得到的主要香气组分进行验证,同时探讨每个香气物质在基质背景下对烟叶总体香气的影响。因此首先对前面得到的重要香气物质进行定量分析,一些标准物质的校正曲线参数如表 3 所示。

表 3 皖南烟叶香气物质校正曲线参数

Table 3 Calibration curves,correlation coefficients and linearity rangefor aroma compounds oftobacco leaves from southern Anhui

序号	化合物名称	标准曲线	相关系数	线性范围/(μg/mL)
1	吡啶	y=0.023 4x+0.004 7	0.999 9	1.02~51.0
2	反式-2-戊烯醛	y=0.008 9x+0.006 5	0.999 7	0.12~6.0
3	2-戊基呋喃	y=0.008 1x+0.013 1	0.999 9	0.26~13.0
4	2-甲基吡嗪	y=0.022 5x+0.000 5	0.998 8	0.26~13.0
5	2-甲基四氢呋喃-3-酮	y=0.007 3x+0.000 7	0.999 9	0.54~27.0
6	3-羟基-2-丁酮	y=0.018 8x+0.004 6	0.999 7	0.19~9.5
7	2,5 二甲基吡嗪	y=0.030 2x+0.010 9	0.999 3	0.091~4.55
8	6-甲基-5-庚烯-2-酮	y=0.007 6x+0.012 5	0.999 7	0.74~37.0
9	苯甲醛	y=0.021 30x+0.031 9	0.999 8	0.23~11.5
10	壬醛	y=0.018 8x+0.007 8	0.999 8	0.58~29.0
11	2-糠醛	y=0.012 8x+0.006 1	0.999 9	1.61~80.5
12	(E,E)-2,4-庚二烯醛	y=0.024 7x+0.000 6	0.999 8	0.73~36.5
13	癸醛	y=0.036 7x+0.002 5	0.999 7	0.68~34.0
14	2-乙酰基呋喃	y=0.017 5x+0.001 4	0.999 9	0.59~29.5
15	芳樟醇	y=0.008 8x+0.001 6	0.999 6	0.32~16
16	5-甲基呋喃醛	y=0.017x+0.005 9	0.999 9	1.57~31.4
17	反-2-,顺-6-壬二烯醛	y=0.012 6x+0.001 1	0.999 9	0.73~36.5
18	苯乙醛	y=0.012 5x+0.003 6	0.999 9	0.73~36.5
19	苯乙酮 a	y=0.521x+0.027 2	0.998 4	0.16~8.0
20	甲基环戊烯醇酮	y=0.005 73x-0.005 3	0.999 6	1.34~67.0
21	麦芽酚 a	y=0.630x-0.021 7	0.992 4	0.18~9.0
22	香叶基丙酮	y=0.012 57x+0.024 79	0.999 8	0.81~40.5
23	β-二氢大马酮	y=0.006 436x-0.002 288	0.999 9	0.42~21.0
24	苯乙醇	y=0.017 11x+0.001 58	0.999 9	0.88~44.0
25	β-紫罗兰酮	y=0.014 7x+0.062 5	0.998 1	0.32~16.0
26	2-乙酰吡咯	y=0.035 5x-0.016 1	0.998 8	1.32~26.4
27	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚 [a]	y=0.301x-0.0269	0.979 4	0.37~18.5
28	二氢猕猴桃内酯	y=0.010 87x+0.007 255	0.999 8	0.63~12.6

注:[a] 使用 HS-SPME 法建立校正曲线和定量,其余物质均采用 SPE 法建立校正曲线和定量。

由于烟叶为固体,在实际基质或者模拟体系下评估每个香气成分的贡献是比较困难的。本文中的阈值是香气物质在水溶液中的阈值,与实际体系可能会有偏差,但是这并不妨碍我们评估各个香气物质对烟叶香气的贡献大小。得到香气物质的质量分数之后,使用香气活度值(OAV,香气物质质量分数与阈值的比值)表征单个物质的香气贡献大小。表 4 列举了皖南烟叶香气物质的的质量分数、阈值和香气活度值(OAV),OAV 值大于 1 的物质共有 14 个。其中 OAV 值最高的物质为 4-乙烯基愈创木酚,苯乙醛、芳樟醇、β-二氢大马酮、香叶基丙酮、2-戊基呋喃以及 β-紫罗兰酮的 OAV 值也比较高。这些物质均能产生令人愉悦的香气,4-乙烯基-2 甲氧基苯酚能产生一种丁香、木香的香料味,而苯乙醛,芳樟醇,β-二氢大马酮、香叶基丙酮以及 β-紫罗兰酮均能产生甜的果香,它们可能也对皖南烟叶的焦甜香有一定的贡献。2-戊基呋喃、甲基环戊烯醇酮和 2-糠醛能产生焦甜香、面包香、烘烤香,他们可能是皖南烟叶焦甜香的重要贡献物质。此外巨豆三烯酮和茄酮没有得到商业可用的标样,无法通过感官方法

表 4　皖南烟叶香气物质质量分数、阈值及香气活度值

Table 4　Content, threshold, and odor activity values of aroma compounds of tobacco leaves from southern Anhui

序号	化合物名称	烟叶中含量/(μg/g)	阈值(1×10^{-6})	香气活度值(OVA)
1	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	6.72±0.34	0.01	672
2	苯乙醛	1.04±0.07	0.004	260
3	芳樟醇	0.87±0.03	0.006	145
4	β-二氢大马酮	6.74±0.38	0.1	67
5	香叶基丙酮	3.67±0.15	0.06	61
6	2-戊基呋喃	0.3±0.01	0.006	50
7	β-紫罗兰酮	0.31±0.01	0.007	44
8	苯乙酮	0.83±0.02	0.065	13
9	正己醛	0.06±0.01	0.005	12
10	苯乙醇	6.53±0.11	0.75	8.7
11	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.34±0.01	0.05	6.8
12	甲基环戊烯醇酮	1.35±0.04	0.3	4.5
13	2-糠醛	18.58±1.02	5	3.7
14	苯甲醛	0.41±0.01	0.35	1.2
15	2-甲基四氢呋喃-3-酮	2.75±0.04	3	0.9
16	3-羟基-2-丁酮	0.5±0.02	0.8	0.6
17	2,3-戊二酮	0.6±0.02	1	0.6
18	二氢猕猴桃内酯	3.52±0.09	6	0.6
19	苯甲醛	0.41	0.99	0.4
20	反式-2-戊烯醛	0.3±0.01	1.5	0.2
21	5-甲基呋喃醛	1.96±0.06	10	0.2
22	吡啶	0.21±0.01	2	0.1
23	2-乙酰基呋喃	0.96±0.03	10	0.1
24	麦芽酚	4.37±0.22	170	0.03
25	2-甲基吡嗪	0.01±0.001	0.8	0.01
26	2,5-二甲基吡嗪	0.004±0.000 1	0.8	0.005
27	2-乙酰吡咯	0.76±0.04	170	0.004

对其进行验证和评价。但是 GC-O 实验中 AEDA 和强度法均发现二者有较强的香气强度，因此可以断定二者也是皖南焦甜香烟叶香气的重要贡献者。

3 结　语

GC-MS/O 是鉴定食品呈香组分的有效手段之一，本研究表明其在烟叶呈香组分鉴定方面也有较好的应用效果。本文作者结合 GC/MS、GC-O 和感官分析(阈值测定、香气活度值测定)鉴定了皖南烟叶的呈香组分，得到了 16 个主要呈香组分，除了茄酮和巨豆三烯酮由于没有商业标品无法验证外，其他呈香物质对皖南烟叶香气的贡献都得到了验证。本文是结合化学分析与感官分析方法对烟叶香气进行鉴定的初步探索，将来还需要进一步通过返添加或者模拟缺失实验确定单个香气物质对烟叶具体香气属性或者香型的贡献规律。

参考文献：

[1] MATSUKURA M, TAKAHASHI K, KAWAMOTO M, et al. Comparison of roasted tobacco volatiles with tobacco essential oil and cigarette smoke condensate[J]. **Agricultural and Biological Chemistry**, 1985, 49(3): 711-718.

[2] ZHANG Qidong, LIU Junhui, CHAI Guobi, et al. Analysis of components with roasted sweet aroma in water-soluble portion of mainstream cigarette smoke particulate matter[J]. **Tobacco Science & Technology**, 2014(6): 54-59.(in Chinese)

[3] 孙宝国，何坚. 香料化学与工艺学[M]. 北京：化学工业出版社，2004.

[4] XUE Chaoqun, WANG Jianwei, XI Jiaqin, et al. Relationship between physical-chemical indexes and burnt sweet taste of flue-cured tobacco leaves[J]. **Tobacco Science & Technology**, 2011(12): 9-13.(in Chinese)

[5] XI Jinfeng, LI Xiansheng, WANG Dazhou, et al. On soil suitability for burnt-sweet smelling distinctive tobacco growth in Xuancheng[J]. **Soils**, 2009, 41(6): 1018-1020.(in Chinese)

[6] ZU Chaolong, JI Xuejun, MAChengxin, et al. Relationship between mineral elements in flue-cured tobacco leaves, cultivated

soils and burnt-sweet smelling formation in south Anhui[J]. **Soils**, 2010, 42(1): 26-32. (in Chinese)

[7] XIE Yingying, ZU Zhaolong, YAN Yifeng, et al. Selection of the flue-cured tobacco variety with the character of tar, sweet and smell in south Anhui[J]. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, 2011, 39(35): 21604-21606. (in Chinese)

[8] QIU Liyou, ZU Chaolong, YANG Chao, et al. Relationship of burnt-sweet smelling characteristics formation of flue-cured tobacco leaves in south Anhui province to rhizosphere microorganisms[J]. **Soils**, 2010, 42(1): 45-52. (in Chinese)

[9] ZHOU Chuyue, GUO Dongfeng, YAO Zhongda, et al. Climatic factors causing coke sweet aroma of tobacco leaves[J]. **Chinese Tobacco Science**, 2014, 35(3): 32-36. (in Chinese)

[10] HIGASHI N, SHIKATA H, SHIMODA M, et al. Analysis of sidestream smoke VOCs and characterization of their odor profiles by VOC preconcentrator-GC-O techniques[J]. **Beiträge zur Tabakforschung/Contributions to Tobacco Research**, 2004, 21(1): 31-39.

[11] BAZEMORE R, HARRISON C, GREENBERG M. Identification of components responsible for the odor of cigar smoker's breath [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(2): 497-501.

[12] COTTE V, PRASAD S, WAN P, et al. Cigarette smoke: GC-olfactometry analyses using two computer programs [J]. **Expression of Multidisciplinary Flavour Science London: British American Tobacco**, 2010, 1167(1): 18-26.

[13] 陈丽君. 采用 GC-MS/O 分析精油和烟草中致香物质[D]. 上海：复旦大学，2011.

[14] SHU Junsheng, YAO Zhongda, WANG Haojun, et al. Establishment of the optimal model on chemical content in flue-cured tobacco and smoke composition[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2013, 32(3): 279-286. (in Chinese)

[15] WU Lijun, DUAN Jia, LI Chunzi, et al. Analysis of volatile components in tobacco with simultaneous distillation extraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. **Journal of Analytical Science**, 2012, 28(6): 807-810. (in Chinese)

[16] ZELLNER B A, DUGO P, DUGO G, et al. Gaschromatography-olfactometry in food flavour analysis[J]. **Journal of Chromatography A**, 2008, 1186(1-2): 123-143.

科 技 信 息

欧盟批准脂肪酸单双甘油酯用于香蕉等水果的表面处理

据欧盟官方公报消息，2019 年 5 月 20 日，欧盟委员会发布(EU) 2019/801 号条例，批准脂肪酸单双甘油酯(Mono- and diglycerides of fatty acids)用于香蕉等水果的表面处理，并修订法规(EC) No 1333/2008 的附件二。

主要修订如下：

在法规(EU)No 1334/2008 附件二的 E 部分，食品类别 04.1.1“全部新鲜水果和蔬菜”中，在 E 464 条目后插入以下新条目：

在法规(EU)No 1334/2008 附件二的 E 部分，食品类别 04.1.1"全部新鲜水果和蔬菜"中，在 E 464 条目后插入以下新条目：	E 471	脂肪酸单双甘油酯	按生产需要适量使用	仅用于柑橘类水果，甜瓜，菠萝，香蕉，木瓜，芒果，鳄梨和石榴的表面处理

［信息来源］食品伙伴网. 欧盟批准脂肪酸单双甘油酯用于香蕉等水果的表面处理 [EB/OL]. (2019-5-21). http://news.foodmate.net/2019/05/519195.html