



蒋薇,司晓喜,张凤梅,等. 酸类香料在不同加香方式制备卷烟中的感官贡献度研究[J]. 轻工学报,2022,37(1):95-102,115.
JIANG W,SI X X,ZHANG F M,et al. Study on sensory contribution of acid flavoring in cigarette preparation by different flavoring methods[J]. Journal of Light Industry,2022,37(1):95-102,115.
DOI:10. 12187/2022. 01. 013

酸类香料在不同加香方式制备卷烟中的感官贡献度研究

蒋薇¹,司晓喜¹,张凤梅¹,刘志华¹,李明²,唐石云¹,刘春波¹,朱瑞芝¹

1. 云南中烟工业有限责任公司 技术中心/云南省烟草化学重点实验室,云南 昆明 650231;
2. 红塔烟草(集团)有限责任公司 玉溪卷烟厂,云南 玉溪 653100

摘要:为明确不同酸类香料在卷烟中的感官贡献特点,采用柱前衍生化/GC-MS 技术分析了戊酸、辛酸和癸酸 3 种有机酸在不同加香方式、不同圆周卷烟中的主流烟气粒相转移率,结合嗅觉阈值、味觉阈值定义并计算 3 种有机酸嗅觉贡献度和味觉贡献度。结果表明:1)就主流烟气粒相转移率大小而言,挥发性有机酸(戊酸)更适合采用爆珠加香的添加方式,半挥发性有机酸(辛酸、癸酸)更适合采用烟丝加香的添加方式;2)在不同加香方式下,挥发性有机酸都是在细支烟中的主流烟气粒相转移率最高,在烟丝加香方式下,半挥发性有机酸在细支烟中的主流烟气粒相转移率最高,在爆珠加香方式下,半挥发性有机酸的主流烟气粒相转移率则随烟支圆周的增大而增大;3)在不同加香方式和不同圆周的卷烟中,辛酸的嗅觉贡献度最佳,戊酸的味觉贡献度最佳,3 种有机酸的感官贡献都是以嗅觉效应为主。

关键词:酸类香料;主流烟气粒相转移率;嗅觉贡献度;味觉贡献度

中图分类号:TS41⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2022)01-0095-08

0 引言

有机酸是一类重要的烟用香料,其作用主要体现在中和烟气碱性成分,调节烟气中质子化和游离态烟碱的比例,减轻烟气刺激性,增加烟气浓度,改善吸味,使烟气口感醇和等方面^[1-3],有机酸种类和含量会直接影响卷烟的香气和香味^[4-5]。香气和香味是人体的嗅感和味感通过接收外界刺激引起的感官体验,目前主要通过香气活性值(Odor Activity Value,OAV)和味觉活性值(Taste Activity Value,

TAV)评价致香成分的感官贡献度^[6-9],OAV/TAV 是通过计算致香成分质量与其嗅觉/味觉阈值的比值得到。在 OAV/TAV 感官贡献度评价方法基础上,史清照等^[10]将致香成分转移率与嗅觉阈值的比值定义为香气成分的加香贡献度,其中转移率代表致香成分被消费者感知到的量的大小,结合嗅觉阈值后可真实反映不同致香成分对卷烟烟气的感官贡献,然而该研究只考虑了致香成分对香气的影响,并未考虑对香味的影响。

基于此,本研究拟在已有 OAV、TAV 和加香贡献

收稿日期:2021-05-31

基金项目:中国烟草总公司科技重大专项项目[110202001008(XX-04),110201901037(XZ-03)];云南中烟工业有限责任公司重点项目(2021JC03)

作者简介:蒋薇(1988—),女,云南省玉溪市人,云南中烟工业有限责任公司助理研究员,主要研究方向为烟草化学。E-mail:ppp4466@163.com

通信作者:朱瑞芝(1978—),女,湖北省公安县人,云南中烟工业有限责任公司高级工程师,博士,主要研究方向为烟草化学。E-mail:zhurz@ynzy-tobacco.com

度评价致香成分感官贡献度方法的基础上,将致香成分的烟气粒相转移率与其嗅觉阈值/味觉阈值有效结合,定义其比值为嗅觉贡献度和味觉贡献度,考查在烟丝加香和爆珠加香两种方式下,戊酸、辛酸、癸酸3种有机酸在不同圆周卷烟中的嗅觉贡献度和味觉贡献度,以期全面反映不同酸类香料的应用特点,为香料辅助筛选、卷烟加香方式优化,以及卷烟产品香料配方设计提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

主要材料:常规基准烟支、中支基准烟支、细支基准烟支(滤棒长度均为30 mm,烟支长度分别为84 mm、90 mm、97 mm,圆周分别为24 mm、20 mm、17 mm);常规爆珠烟支、中支爆珠烟支、细支爆珠烟支(滤棒长度均为30 mm,烟支长度分别为84 mm、90 mm、97 mm,圆周分别为24 mm、20 mm、17 mm,爆珠粒径分别为3.6 mm、3.0 mm、2.8 mm,距唇端距离均为15 mm),爆珠中的酸类成分按厂家的生产实际使用比例进行添加,添加量以各种规格爆珠的经验检测值为准。所有烟支样品(滤嘴通风率约为10%)均由云南中烟工业有限责任公司提供。

主要试剂:戊酸、辛酸、癸酸、反式-2-己烯酸,均为色谱纯,德国 Dr. Ehrenstorfer 公司产;N,O-双(三甲硅基)三氟乙酰胺(BSTFA),美国 Sigma Aldrich 公司;二氯甲烷、N,N-二甲基甲酰胺(DMF)、无水吡啶,均为色谱纯,美国 Merck 公司产。

主要仪器:Agilent 7693A Autosampler、Agilent 5977B GC/MSD、Agilent8890 GC System,美国 Agilent 公司产;KBF240 恒温恒湿箱,德国 BINDER 公司产;KQ-700 超声波清洗箱,昆山市超声仪器有限公司产;BT 125 D 电子天平(感量 0.01 mg),德国赛多利斯科学仪器有限公司产;S0509/20744 直线型吸烟机,美国斯茹林公司产;DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器,上海贝伦仪器设备有限公司产。

1.2 萃取溶剂优化与溶液配制

萃取溶剂优化:分别以二氯甲烷、N,N-二甲基甲酰胺和无水吡啶为溶剂配制质量浓度为 50 mg/L 的戊酸、辛酸、癸酸混合标准溶液,分别准确移取

500 μ L 上述 3 种混合标准溶液,加入 20 μ L BSTFA,密闭后于 60 $^{\circ}$ C 水浴中反应 60 min,进行 GC-MS 分析,以总峰面积和出峰个数比较溶剂的萃取效果,确定优选溶剂。

准确称取 50 mg 反式-2-己烯酸置于 50 mL 容量瓶中,用优选溶剂溶解并定容,配制质量浓度为 1000 mg/L 的内标储备液;用优选溶剂将内标储备液稀释为质量浓度为 5 mg/L 的内标工作溶液,即萃取溶液。

分别称取酸类标准品各 0.05 g 置于不同的 5 mL 容量瓶中,用优选溶剂定容,配制成 10 000 mg/L 的标准单标储备液;分别准确移取适量标准单标储备液于 50 mL 容量瓶中,用优选溶剂定容,配制 10 mg/L、200 mg/L 的混标储备溶液;分别准确移取适量 200 mg/L 混标储备溶液和 125 μ L 内标储备液于 25 mL 容量瓶中配制 5 mg/L、10 mg/L、25 mg/L、50 mg/L 的混标工作溶液,用优选溶剂定容;分别准确移取适量 10 mg/L 混标储备溶液和 125 μ L 内标储备液于 25 mL 容量瓶中配制 0.05 mg/L、0.10 mg/L、0.50 mg/L、1.00 mg/L、5.00 mg/L、10.00 mg/L、25.00 mg/L、50.00 mg/L 的混标工作溶液,用优选溶剂定容;所有标准混合工作溶液即配即用。

1.3 样品前处理

烟丝加香样品制备:为防止烟丝加香成分挥发散失,将基准烟支样品在 $(22\pm 2)^{\circ}$ C 和相对湿度 $(60\pm 2)\%$ 条件下平衡 48 h,取出卷烟,常规烟、中支烟和细支烟按对应规格的添加量将爆珠油用微量注射器注入基准烟支烟丝中,注射完毕,迅速使用吸烟机在 ISO 3308 标准^[11]条件下进行抽吸。

爆珠加香样品制备:将卷烟样品置于温度 $(22\pm 1)^{\circ}$ C、相对湿度 $(60\pm 2)\%$ 的恒温恒湿箱中平衡 48 h 后进行抽吸,在抽吸之前激活爆珠。

爆珠样品中的酸类成分提取:随机取 1 颗爆珠于顶空瓶中,用 1 mL 一次性注射器压破爆珠,加入 10 mL 萃取溶液,使用注射器抽吸混匀后,超声萃取 30 min,萃取液过 0.22 μ m 滤膜,待衍生化处理。

气溶胶捕集:捕集 5 支卷烟烟气至两张剑桥滤片上,将剑桥滤片置于 50 mL 离心管中,加入 15 mL

萃取溶液,超声萃取 30 min,然后用 0.22 μm 的有机滤膜过滤,待衍生化处理。

1.4 衍生化处理及其条件优化

各类样品衍生化前处理:准确移取 500 μL 样品萃取液,加入适量 BSTFA,密封处理后置于适宜温度中反应 60 min 进行 GC-MS 分析。

衍生化温度优化:准确移取 500 μL 的 50 mg/L 标准溶液置于进样瓶中,加入 20 μL BSTFA,分别在 45 ℃、60 ℃、75 ℃、100 ℃ 和 115 ℃ 温度下进行衍生化处理后,进行 GC-MS 分析,以总峰面积和出峰个数比较溶剂的萃取效果,确定衍生化适宜温度。

萃取液与衍生化试剂体积比例优化:以同一种卷烟烟丝为实验对象,超声萃取 30 min 后,取 500 μL 萃取液置于进样瓶中,分别加入 15 μL、20 μL、50 μL 的衍生化试剂 BSTFA,封口,适宜温度水浴反应 1 h,进行 GC-MS 分析,以总峰面积和出峰个数比较溶剂的萃取效果,确定萃取液与衍生化试剂适宜体积比。

1.5 GC-MS 分析条件

GC 分析条件:DB-5MS 弹性石英毛细管色谱柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm),进样口温度 280 ℃;载气氦气(≥99.999%);恒流模式 1 mL/min;进样量 1 μL;分流比 5:1。升温程序为初始温度 50 ℃,保持 2 min,以 5 ℃/min 速率由 50 ℃ 升至 200 ℃,以 20 ℃/min 升至 280 ℃,保持 10 min。

MS 分析条件:电离方式 EI,传输线温度 250 ℃,离子源温度 230 ℃,电离能量 70 eV,溶剂延迟 3.5 min,扫描模式为全扫描和选择离子模式(SIM),全扫描质量扫描范围 30~500 amu,特征化合物的选择离子参数见表 1。

1.6 标准工作曲线的建立

标准系列工作溶液的 GC-MS 分析按照色谱条件进行,用内标法定量。根据酸类化学成分标样的

定量离子峰面积与内标峰面积的比值及标准工作溶液中目标物与内标物质量浓度的比值,使用 Agilent MassHunter 定量分析软件处理实验数据,并建立标准工作曲线。对每个物质的最低质量浓度标准溶液平行测定 10 次,计算测定值的标准偏差,以标准偏差的 3 倍作为方法检出限,以标准偏差的 10 倍作为方法定量限;根据已知含量的样品,分别按照低、中、高 3 个水平在剑桥滤片上加入标准溶液进行加标回收率的测定,每个水平平行测定 5 次,计算回收率及相对标准偏差(RSD),以 RSD 结果评价方法重复性。

1.7 有机酸转移行为评价方法

根据 1.5 中方法测试不同加香方式下 3 种有机酸向不同圆周卷烟样品主流烟气粒相物中的转移量,按下式计算有机酸主流烟气粒相转移率 T :

$$T = \frac{M - M_0}{W} \times 100\%$$

其中, M 为加香样品抽吸后粒相物中有机酸的含量/(μg·支⁻¹); M_0 为空白样品抽吸后粒相物中有机酸的含量/(μg·支⁻¹); W 为有机酸在卷烟中的添加量/(μg·支⁻¹)。

本文实验方法的萃取环境为酸性,文献[12]中总烟碱的测定是通过加入氢氧化钠调节 pH 值进行的,因此此处仅考虑烟气中以有机酸形态存在的酸的转移率,不考虑结合为烟碱盐部分的酸的转移。

1.8 有机酸嗅觉贡献度和味觉贡献度分析方法

3 种有机酸的主流烟气粒相转移率主要以其含量为基础反映香气成分在卷烟加香中的利用率,并未综合考虑其对感官效应的影响。与卷烟抽吸感受密切相关的是嗅觉和味觉,为了更加全面地表征不同香料在卷烟中的作用,笔者在主流烟气粒相转移率基础上结合嗅觉阈值评价 3 种有机酸在不同加香方式下的嗅觉贡献度。根据各酸类单体香料通过烟丝加香或爆珠加香后的主流烟气粒相转移率和嗅觉阈值^[13],计算该酸类香料的嗅觉贡献度,计算公式如下:

$$\text{嗅觉贡献度} = \frac{\text{某酸类化合物的烟气粒相转移率}}{\text{某酸类化合物的嗅觉阈值}}$$

味觉贡献度是在主流烟气粒相转移率基础上,

表 1 特征化合物的选择离子参数
Table 1 Selective ion parameters of characteristic compounds

序号	化合物	CAS 号	RT	定量离子	定性离子
1	戊酸	109-52-4	12.369	159.1	75.0
2	辛酸	124-07-2	20.935	201.1	75.0
3	癸酸	334-48-5	26.188	229.1	117.0

结合味觉阈值提出的,可以更全面地反映香料引发的味觉感官效应。根据各酸类单体香料通过烟丝加香或爆珠加香后的主流烟气粒相转移率和味觉阈值^[13],计算该酸类香料的味觉贡献度,计算公式如下:

$$\text{味觉贡献度} = \frac{\text{某酸类化合物的烟气粒相转移率}}{\text{某酸类化合物的味觉阈值}}$$

2 结果与讨论

2.1 样品前处理条件的优化结果与分析

二氯甲烷、DMF 和无水吡啶 3 种萃取溶剂优化结果如图 1 所示。由图 1 可知,对于辛酸和癸酸,二氯甲烷的萃取效果最好;对于戊酸,二氯甲烷萃取效果略低于无水吡啶。综合考虑,选取二氯甲烷为萃取溶剂。

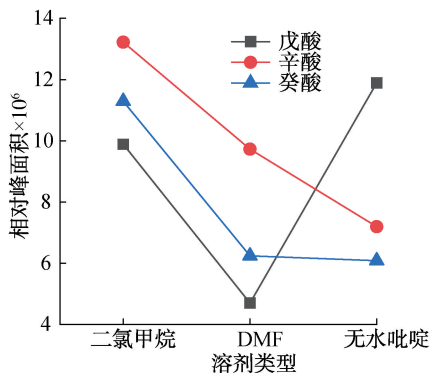


图 1 萃取溶剂优化结果

Fig. 1 Investigation results of extraction solvent

衍生化温度的优化结果如图 2 所示。由图 2 可知,75 °C 时,戊酸和癸酸的出峰面积最大,但杂峰较多;60 °C 时,辛酸的出峰面积最大,戊酸和癸酸的出峰面积略低于 75 °C,但 3 种峰的峰形较好,杂峰干扰较少。因此选取 60 °C 为衍生化温度。

萃取液与衍生化试剂体积比优化结果如图 3 所示。由图 3 可知,当萃取液与衍生化试剂的体积比为 25 : 1 时,3 种有机酸都能检出,因此选取 25 : 1 为萃取液与衍生化试剂体积比例。

在优化的前处理条件下,选择离子模式 (SIM) 下 3 种有机酸混合标准溶液的 GC-MS 谱图如图 4 所示,典型烟气样品的 GC-MS 谱图如图 5 所示。由图 4 和图 5 可知,该处理条件下,选取的特征离子选择性好,抗干扰能力强,可实现 3 种有机酸的有效分

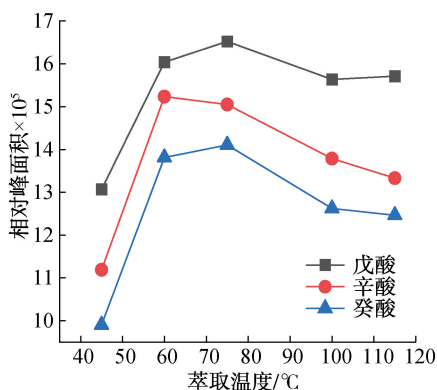


图 2 衍生化温度优化结果

Fig. 2 Investigation results of derivatization temperature

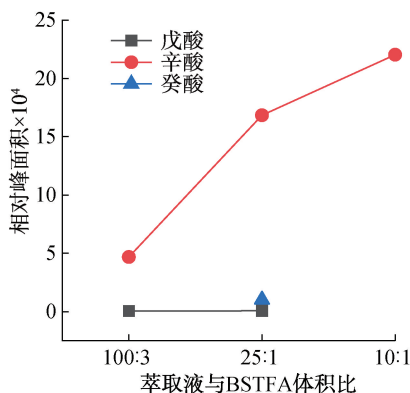


图 3 萃取液与衍生化试剂体积比优化结果

Fig. 3 Investigation results of volume ratio of extraction solution to derivatization reagent

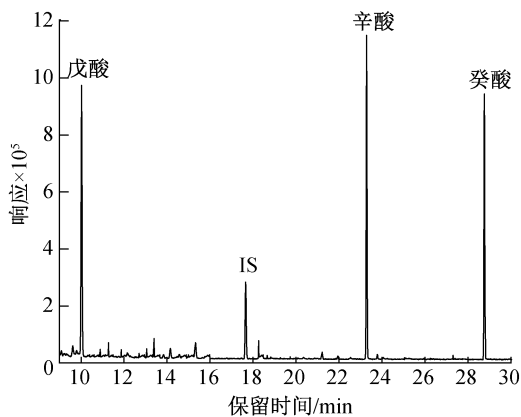


图 4 选择离子模式 (SIM) 下 3 种有机酸混合标准溶液的 GC-MS 谱图

Fig. 4 GC-MS chromatograms of three key acids mixed standard solutions components under SIM mode

离,适合复杂基质样品的定性定量分析。3 种有机酸的检测方法评价结果如表 2 所示。由表 2 可知,3 种有机酸相关系数 R^2 均大于 0.99,表明在其各自的线性范围内线性关系良好,检出限为 0.018 2 ~

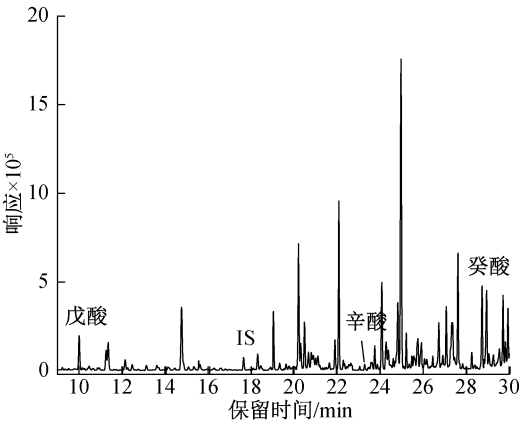


图 5 选择离子模式(SIM)下
典型烟气样品的 GC-MS 谱图

Fig. 5 GC-MS chromatograms of typical cigarette
smoke samples under SIM mode

0.032 3 mg/L,定量限为 0.060 8~0.107 8 mg/L,重
复性为 0.87%~1.42%,回收率为 80%~120%,在该
优化条件下测定结果稳定可靠。

2.2 有机酸在不同加香方式下的主流烟气粒
相转移率

3 种有机酸在不同加香方式下的主流烟气粒相
转移率结果如图 6 所示。由图 6 并结合 3 种有机酸
的物化参数(见表 3)可得如下结果。1)爆珠加香方
式下,随着 3 种有机酸的相对分子质量减小,沸点降
低,主流烟气粒相转移率升高;烟丝加香方式下,在
细支烟中戊酸的主流烟气粒相转移率较高,其他规
格卷烟中的戊酸、辛酸、癸酸的主流烟气粒相转移率
皆随相对分子质量增大、沸点升高而增高。2)对于
挥发性有机酸(戊酸),在 3 种圆周卷烟中爆珠加香
的转移率皆高于烟丝加香,两种加香方式下主流烟
气粒相转移率的大小顺序均为细支烟>中支烟>常
规烟;对于半挥发性有机酸(辛酸、癸酸),在 3 种圆
周卷烟中烟丝加香的转移率皆高于爆珠加香,爆珠
加香下两种酸转移率的大小顺序是常规烟>中支烟
>细支烟,烟丝加香下两种酸主流烟气粒相转移率
的大小顺序是细支烟>中支烟>常规烟。

根据上述结果可知,两种加香方式下有机酸类
香料的挥发性和卷烟烟支主流烟气的流速都是影响
主流烟气粒相转移率的重要因素。爆珠加香中,香
料受热温度较低,沸点越低、相对分子质量越小的挥
发性有机酸类香料,越有利于提高主流烟气粒相转
移率;烟丝加香中,香料受热温度较高,沸点越高、相
对分子质量越大的半挥发性有机酸类香料,越有利
于提高主流烟气粒相转移率,这与蔡君兰等^[14]的研
究结果一致。不同烟丝加香方式下,挥发性及半挥
发性有机酸都是在细支烟中的主流烟气粒相转移率
最高,可能是因为细支烟的圆周截面较小,抽吸时的
烟气流速较快,关键成分在滤嘴中驻留时间较短,滤
嘴对其过滤效率较低^[15-17]。爆珠加香方式下半挥
发性有机酸的转移率随烟支圆周的增大而增大,这
可能是随着有机酸挥发性的降低,烟支流速成为
影响主流烟气粒相转移率的关键因素。在常规烟
支中,爆珠粒径较大,捏破爆珠后滤棒中的空腔在 3
种规格的卷烟中也是最大的,主流烟气在滤嘴中受
到的阻力减小从而流速增快,烟气温度更高^[18-19],
进而使转移率增大。

2.3 3 种有机酸在不同加香方式下的嗅觉贡
献度

3 种有机酸在不同加香方式下的嗅觉贡献度如
图 7 所示。由图 7 可以看出:1)两种加香方式下,3
种有机酸类香料的嗅觉贡献度排序嗅觉贡献度高度
一致;2)爆珠加香方式下,嗅觉贡献度大小顺序是
辛酸>戊酸>癸酸,辛酸的转移能力约为戊酸的
0.2~0.6 倍,但能带来的嗅觉效果却远远高于戊酸,
其嗅觉贡献度约为戊酸的 13~42 倍;3)烟丝加香方
式下,嗅觉贡献度大小顺序是辛酸>戊酸>癸酸,辛
酸的转移能力约为戊酸的 0.5~2 倍,但其嗅觉贡献
度约为戊酸的 32~115 倍,带来的嗅觉效果远远高
于戊酸,此外辛酸的主流烟气粒相转移率与癸酸相
近,但嗅香贡献度却存在 200 倍左右的差距。

表 2 3 种有机酸的检测方法评价结果

Table 2 Evaluation results of detection methods for three acids

化合物	线性方程	R ²	滤片加标回收率/%	重复性/%	方法检出限/(mg·L ⁻¹)	方法定量限/(mg·L ⁻¹)
戊酸	y=0.828 7x-0.003 8	0.999 0	87.87~100.74	0.87	0.018 2	0.060 8
辛酸	y=1.048 7x-0.096 4	0.996 1	97.17~119.08	1.42	0.032 3	0.107 8
癸酸	y=0.370 2x+0.009 9	0.999 0	92.60~118.27	1.01	0.026 5	0.088 5

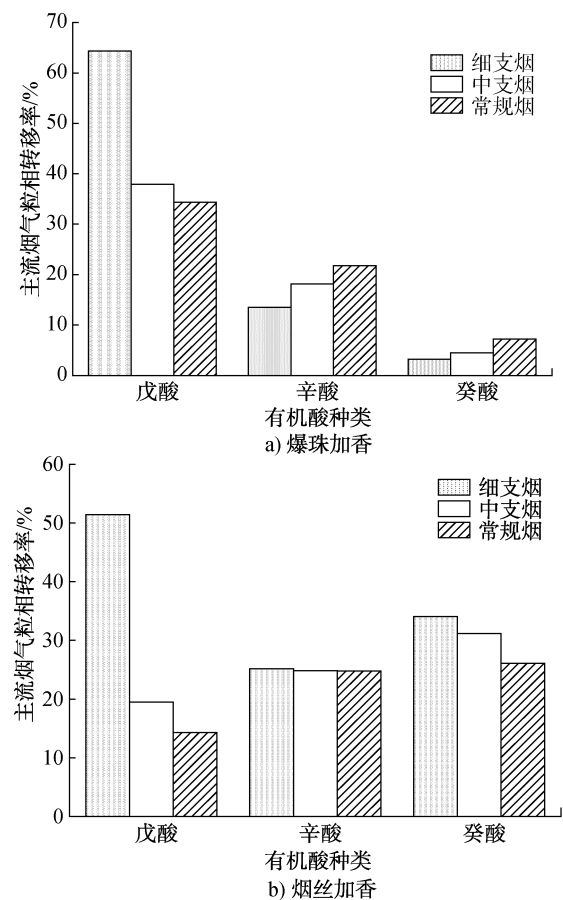


图 6 3 种有机酸在不同加香方式下的主流烟气粒相转移率

Fig. 6 Calculation results of transfer rate of three acids under different flavoring methods

可见,两种加香方式下,不同圆周的烟支中,辛酸的嗅觉贡献度在 3 种有机酸中都是最佳的。《调香术》^[20]中通过综合分、香比强值、香品值和留香值评价香料的优劣,综合分反映的是香料的香气强度、留香效果和香气品质的综合评价,分值越高,香料的综合质量越好;香比强值反映的则是香料的香气强度,强度越大,配方中需要使用的香料含量越少。从 3 种有机酸的感官信息(见表 3)可以看出,辛酸和癸酸的综合得分相同,但癸酸的香比强值较低,即癸酸需要较高的添加量和

主流烟气粒相转移率才能达到与辛酸相同的加香效果。转移行为研究中发现,爆珠加香时辛酸的主流烟气粒相转移率略高于癸酸,烟丝加香时辛酸的主流烟气粒相转移率略低于癸酸,但两种加香方式下辛酸的嗅觉贡献度都远高于癸酸,可知辛酸在 3 种有机酸中的加香效果最佳,与文献[20]中的评价结果一致。

2.4 3 种有机酸在不同加香方式下的味觉贡献度

3 种有机酸在不同加香方式下的味觉贡献度如图 8 所示。由图 8 可以看出,爆珠加香方式下,主流烟气粒相转移率与味觉贡献度排序相同,都是戊酸>辛酸>癸酸,戊酸的转移能力约为辛酸的 1.5~5 倍、癸酸的 4~20 倍,但戊酸的味觉阈值较辛酸和癸酸小,综合该因素计算后发现戊酸的味觉贡献度为辛酸的 300~960 倍、癸酸的 650~2800 倍,感官效应增加明显;烟丝加香方式下,主流烟气粒相转移率的排序是癸酸>辛酸>戊酸(除细支烟的戊酸较高外),味觉贡献度却是戊酸>癸酸>辛酸,常规烟和中支烟中戊酸的主流烟气粒相转移率虽然最低,但却能带来较好的味觉效果。

可见,不论何种加香方式、何种圆周的卷烟,戊酸的味觉贡献都是相当明显的,冒德寿等^[21]通过味觉活力值分析鉴定出烟气中的关键酸味物质为甲酸、乙酸、异丁酸、丁酸、异戊酸、戊酸、乳酸和琥珀酸,冒德寿等^[21]和本文中的研究结果都显示,戊酸是烟气酸味的主要来源。对比 3 种有机酸的嗅觉贡献度与味觉贡献度的比值发现,戊酸、辛酸和癸酸对烟气的感官贡献都主要以嗅觉效应为主,辛酸和癸酸的嗅觉效应尤为突出。范武等^[22]对乙酸、丁酸、异戊酸和戊酸的嗅觉与味觉贡献度进行比较发现,这些酸香成分的感官贡献以嗅觉效应为主,这与本文中戊酸的主要感官效果一致。

表 3 3 种有机酸的物化参数及感官信息

Table 3 Physicochemical parameters and sensory information of 3 acids

化合物	有机酸分类	味觉特征评价	香气特征	分子量	沸点/℃	嗅觉阈值/ (mg·m ⁻³)	味觉阈值/ (mg·kg ⁻¹)	香比强值	综合得分
戊酸	挥发性有机酸	甜味,水果,酸奶酪,黄油	酸香	102.13	185.0	0.020 00	0.500 0	180	22
辛酸	半挥发有机酸	甜,蜡质,柔和	酸香	144.21	239.7	0.000 30	101.000 0	100	60
癸酸	半挥发有机酸	脂肪和弱酸味	酸香	172.26	270.0	0.080 00	69.000 0	60	60

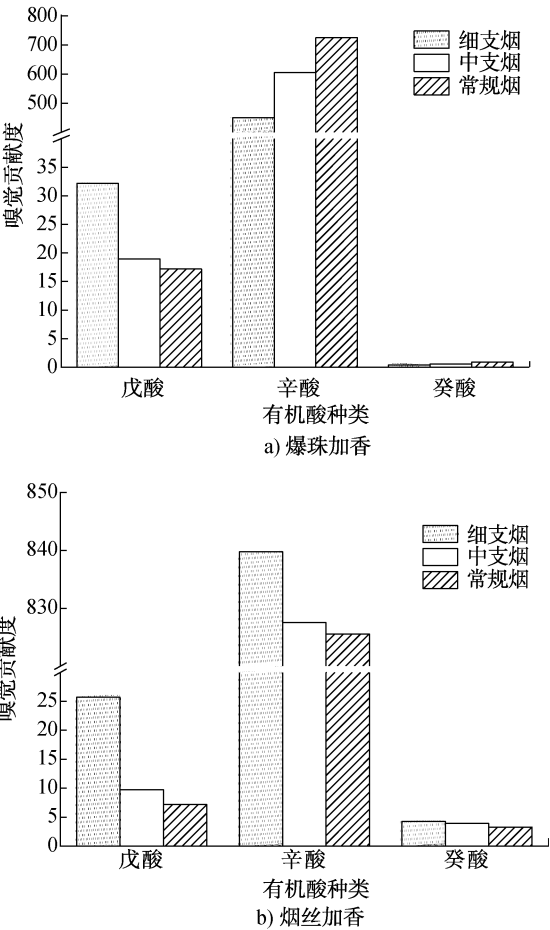


图 7 3 种有机酸在不同加香方式下的嗅觉贡献度
Fig. 7 Calculation results of olfactory contribution of three acids under different flavoring methods

3 结论

本文研究了在烟丝加香和爆珠加香两种加香方式下,戊酸、辛酸、癸酸 3 种有机酸在不同圆周卷烟中的主流烟气粒相转移率,并结合嗅觉阈值、味觉阈值定义嗅觉贡献度和味觉贡献度,得到如下结论。1) 在两种不同加香方式和不同圆周的卷烟中,就主流烟气粒相转移率大小而言,挥发性有机酸(戊酸)更适合采用爆珠加香的添加方式,半挥发性有机酸(辛酸、癸酸)更适合采用烟丝加香的添加方式。2) 在不同加香方式下,挥发性有机酸都是在细支烟的主流烟气粒相转移率最高,烟丝加香方式下半挥发性有机酸在细支烟的主流烟气粒相转移率最高,爆珠加香方式下半挥发性有机酸的主流烟气粒相转移率则随烟支圆周的增大而增大。3) 不同加香方式和不同圆周的卷烟中,辛酸的嗅觉贡献度最佳,戊酸

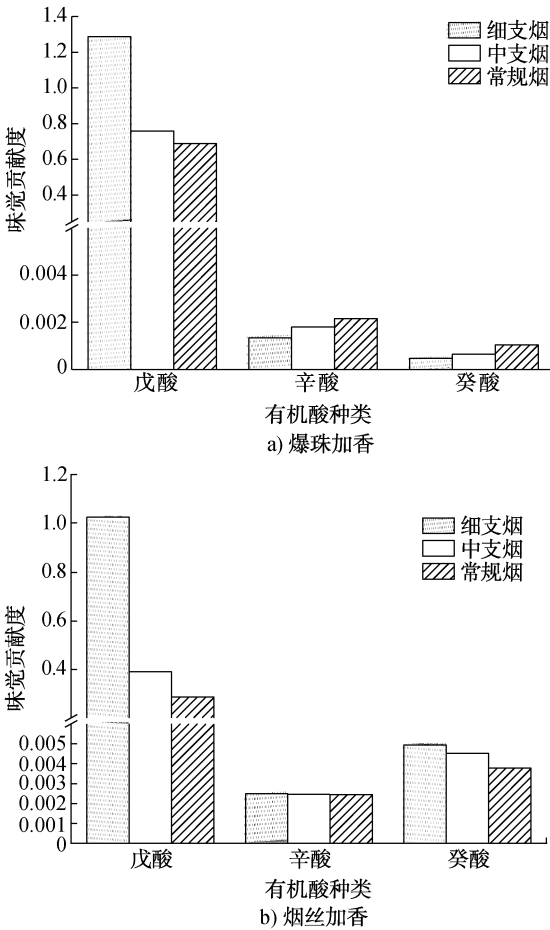


图 8 3 种有机酸在不同加香方式下的味觉贡献度
Fig. 8 Calculation results of taste contribution of three acids under different flavoring methods

的味觉贡献度最佳,3 种有机酸的感官贡献都是以嗅觉效应为主。本研究可为卷烟产品香料配方设计提供数据支撑。

参考文献:

[1] 刘百战,蔡继宝,朱立军,等. 国内外部分白肋烟烟叶中非挥发性有机酸、高级脂肪酸、生物碱及值的对比分析[J]. 中国烟草学报,2002,8(2):1-4.

[2] 周冀衡,杨虹琦,杨述元,等. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(1):20-23.

[3] 杨虹琦,周冀衡,郭紫明,等. 湖南不同烤烟中非挥发性有机酸含量的差异[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2006,12(4):44-47.

[4] RESNIK F E. Chromatography of organic acids in cured tobacco[J]. Anal Chem,1955,27(6):928-

- 931.
- [5] 申进朝,洗可法.烟草中有机酸分析研究进展[J].烟草科技,2003(8):29-32.
- [6] 杨鹏飞,张增辉,何春雨,等.基于分子感官科学的烟用香精关键香气活性成分分析[J].轻工学报,2021,36(2):34-42.
- [7] ZHU H, CHAI G B, CHI G J, et al. Sensory-oriented analysis of smoky components in mainstream cigarette smoke[J]. Tobacco Science and Technology, 2017, 50(1):41-49.
- [8] 蔡莉莉,马宇平,陈芝飞,等.卷烟烟气重要中性香气成分的活性阈值[J].烟草科技,2018,51(9):33-39.
- [9] 朱先约,翟玉俊,谢玉龙,等.基于味觉活力值的通风卷烟酸味变化分析[J].烟草科技,2019,52(11):50-54,60.
- [10] 史清照,范武,柴国璧,等.卷烟烟气内源性酸香成分的加香贡献度[J].烟草科技,2020,53(6):29-34.
- [11] International organization for standardization. Routine analytical cigarette-smoking machine—Definitions and standard conditions: ISO 3308 [S]. Switzerland: [s. n.], 2012.
- [12] 国家烟草专卖局.烟草及烟草制品 烟碱的测定 气相色谱法:YC/T 246—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [13] VAN GEMERT L J. Flavour Thresholds, compilations of flavor threshold values in water and other media (Edition 2003) [M]. The Netherlands: Oliemans Punter & Partners BV, 2011.
- [14] 蔡君兰,张晓兵,赵晓东,等.一些脂肪酸类香料单体在卷烟中的转移[J].烟草科技,2008(10):30-33.
- [15] 高明奇,田海英,冯晓民,等.细支烟滤嘴参数对烟碱过滤效率的影响[J].烟草科技,2018,51(12):72-76.
- [16] 高明奇,田海英,李耀光,等.滤嘴设计参数对细支卷烟吸阻的影响[J].烟草科技,2019,52(1):85-90.
- [17] 高明奇,马宇平,顾亮,等.细支卷烟用二醋酸纤维素丝束的应用性能[J].烟草科技,2017,50(11):75-80.
- [18] 张志刚,贺健,顾秋林,等.爆珠对滤棒、卷烟物理性能及卷烟主流烟气的影响[J].烟草科技,2019,52(10):75-80.
- [19] 楚文娟,孟祥士,纪朋,等.爆珠中柠檬烯、薄荷醇在卷烟中的转移行为[J].烟草科技,2020,53(8):59-64.
- [20] 林翔云.调香术[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [21] 冒德寿,李智宇,刘强,等.基于味觉活力值的烤烟主流烟气关键酸味物质的研究[J].中国烟草学报,2014,20(6):21-27.
- [22] 范武,张启东,刘俊辉,等.卷烟主流烟气酸香特征成分组群的分布特征及感官贡献[J].烟草科技,2020,53(1):65-73.

Study on sensory contribution of acid flavoring in cigarette preparation by different flavoring methods

JIANG Wei¹, SI Xiaoxi¹, ZHANG Fengmei¹, LIU Zhihua¹, LI Ming², TANG Shiyun¹, LIU Chunbo¹, ZHU Ruizhi¹

1. Technology Center, China Tobacco Yunnan Industry Co., Ltd./Key Laboratory of

Tobacco Chemistry of Yunnan, Kunming 650231, China;

2. Yuxi Cigarette Factory, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi 653100, China

Abstract: In order to clarify the sensory contribution characteristics of different acid flavors in cigarettes, pre-column silanization-gas chromatography-mass spectrometry technology was used to analyze the particulate phase transfer ratios of mainstream cigarette smoke of three organic acids (valeric acid, caprylic acid and capric acid) with

(下转第 117 页)

Effect of nanoscale zero-valent iron cooperating with sulphate on hydrolytic acidification performance of excess sludge with low concentration and low organic matter

JIN Baodan¹, LI Xia², QIN Hexian¹, WANG Ran¹, WANG Lan¹, ZHAO Jianguo¹, NIU Jintao³

1. College of Material and Chemical Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;
2. Department of Resources and Environment, Huaxin College of Hebei GEO University, Shijiazhuang 050700, China;
3. He'nan Heng'an Environmental Protection Technology Co., Ltd., Zhengzhou 450001, China

Abstract: The waste activated sludge with low concentration and low organic matter was fermented under different conditions including natural, nanoscale zero-valent iron (nZVI), 2KHSO₅·KHSO₄·K₂SO₄ (PMS), K₂SO₄, nZVI+PMS and nZVI+K₂SO₄. The soluble protein, polysaccharide, short volatile fatty acids (SCFAs) and biological enzyme were analyzed during the fermentation process, and the effects of nZVI on hydrolytic acidification performance of the excess sludge were studied. The results showed that hydrolytic acidification performance of the nZVI+PMS fermentation system was optimal, and the mass concentration of protein, polysaccharide and SCFAs was 255.07 mg/L, 138.31 mg/L and 356.8 mg/L respectively. The maximal activity of protease and α-glucosidase appeared in the nZVI+PMS fermentation system, however the maximal activity of alkaline phosphatase and acid phosphatase appeared in the nZVI fermentation system. In addition, the bioenzyme activity of the K₂SO₄ fermentation system was similar to that of natural fermentation system. These results indicated that nZVI could improve effectively the fermentation performance of the waste activated sludge with low concentration and low organic matter under PMS condition.

Key words: anaerobic fermentation; nanoscale zero-valent iron; sulphate; hydrolytic acidification; biological enzyme

(责任编辑:李晓峰)

(上接第 102 页)

different flavoring methods and different circumferences. Combined with the olfactory threshold/taste threshold olfactory contribution and taste contribution were defined and calcuated. The results showed that in terms of the particulate phase transfer ratios of mainstream cigarette smoke, volatile organic acids (valeric acid) were more suitable to be added by breakable filter capsules, and semi volatile organic acids (octanoic acid and decanoic acid) were more suitable to be added by cut tobacco. Under different flavoring methods, the transfer ratios of volatile organic acids was the highest in thin cigarettes, while the transfer ratios of semi volatile organic acids increased with the increase of the circumference of the cigarette when adding flavor in breakable filter capsules. In cigarettes with different flavoring methods and different circumferences, caprylic acid had the best olfactory contribution, and valeric acid had the best taste contribution. The sensory contribution of the 3 acids was mainly olfactory effect.

Key words: acid flavor; particulate phase transfer ratios of mainstream cigarette smoke; olfactory contribution; taste contribution

(责任编辑:吴晓亭)