



引用格式:楚文娟,田海英,冯晓民,等.滤嘴参数对细支烟主流烟气中 5 种关键烤甜香释放量的影响[J].轻工学报,2019,34(1):43-50.

中图分类号:TS452.1 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2019.01.006

文章编号:2096-1553(2019)01-0043-08

滤嘴参数对细支烟主流烟气中 5 种关键烤甜香释放量的影响

Effects of filter parameters on the release of 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke of slim cigarettes

楚文娟,田海英,冯晓民,纪朋,刘超,鲁平,胡少东,曹珂,崔春,彭桂新

CHU Wenjuan, TIAN Haiying, FENG Xiaomin, JI Peng, LIU Chao, LU Ping, HU Shaodong, CAO Ke, CUI Chun, PENG Guixin

河南中烟工业有限责任公司 技术中心,河南 郑州 450000

Technology Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China

关键词:

细支卷烟;滤嘴参数;
主流烟气;烤甜香;释
放量

Key words:

slim cigarettes;
filter parameters;
mainstream smoke;
roasted sweet
aroma; release

摘要:为研究滤嘴参数对细支烟主流烟气中 5 种关键烤甜香释放量的影响,制备了不同丝束规格、不同滤棒压降、不同滤嘴通风度相互搭配的 60 个细支烟样品,并对其主流烟气中 5 种关键烤甜香释放量进行分析,结果表明:1)细支烟主流烟气中糠醇、5-甲基糠醇释放量在不同丝束规格间的差异达到极显著或显著水平,而 3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚释放量及这 5 种烤甜香成分总释放量在不同丝束规格间的差异均不显著,使用 11.0Y/15000 丝束的细支卷烟有较高的糠醇和 5-甲基糠醇释放量;2)随着滤棒压降升高,主流烟气中 5 种关键烤甜香成分总释放量呈降低趋势;3)随着滤嘴通风度的增加,主流烟气中 5 种关键烤甜香成分总释放量呈先增加后降低的趋势。

收稿日期:2018-09-03

基金项目:中国烟草总公司重大专项项目[110201601013(XZ04)];河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(ZW2015020)

作者简介:楚文娟(1983—),女,河南省平顶山市人,河南中烟工业有限责任公司工程师,博士,主要研究方向为烟草化学和烟用材料。

通信作者:田海英(1978—),女,河南省南阳市人,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,硕士,主要研究方向为卷烟材料。

Abstract: In order to study the influence of filter parameters on the release of 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke of fine cigarettes, 60 fine branches with different tow specifications, different filter plug pressure drops and different filter ventilations were prepared, and the release of 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke was analyzed. The results showed that: 1) The difference between the release of sterol and 5-methyl sterol in the mainstream smoke of fine cigarettes in different tow specifications reached a very significant or significant level, and the difference among the release of 3-methyl-2-cyclopenten-1-one, strawberry furanone, maltol and the total release of these 5 kinds of key roasted sweet aromas in different tow specifications were not significant. The comparison results showed that fine cigarettes with 11.0Y/15000 tow had higher sterol and 5-methyl sterol release; 2) As the pressure drop of the filter rod rose, the total release of the 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke showed a decreasing trend; 3) With the increase of filter ventilation, the total release of 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke increased first and then decreased.

0 引言

烤甜香是兼具烘焙香、甜香和焦甜香的一种香韵,是卷烟香气的重要组成部分.国外学者已经从烟叶烤制过程中产生的挥发性成分和烟气冷凝物中发现了麦芽酚、草莓酮、甲基环戊烯醇酮(Cyclotene)、5-甲基糠醇等具有烤甜香的成分^[1-5].国内业界科研人员利用凝胶渗透(GPC)和高效液相色谱(HPLC),逐级分离巴西浓香型单料烟主流烟气粒相物中的水溶性组分,再用气质联用法定性分析烤甜香成分,认定其组成为呋喃类、草莓呋喃酮类、吡喃酮类和环戊烯酮类化合物^[6].此外,杨鹏元等^[2]利用气相色谱、气质联用法结合卷烟感官作用评价,确定红枣中的烤甜香特征成分为4-环戊烯-1,3-二酮、5-甲基糠醛、甲基环戊烯醇酮、4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)-呋喃酮、麦芽酚、5-羟甲基糠醛和2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4(H)-吡喃-4-酮(DDMP),并对提取分离方法和主要工艺参数进行了优化.目前,关于烤甜香的研究大多集中在香原料中烤甜香特征成分的确定和烤甜香组分的提取与分离,但鲜见关于卷烟辅助材料对卷烟主流烟气中烤甜香组分释放量的影响研究.

卷烟辅助材料可通过调节卷烟燃烧、烟气稀释和截留等因素影响卷烟主流烟气的烟气特征.目前,烟草行业工作者针对“三纸一棒”设计参数对常规卷烟烟气总粒相物、焦油、CO、烟碱、抽吸口数、感官品质、主流烟气有害成分和香味成分释放量的影响做了大量的研究,发现卷烟材料设计参数的改变在达到“降焦减害”的同时,香味成分释放量也不可避免地受到影响,进而影响卷烟的感官品质^[7-15].与常规卷烟相比,细支卷烟吸阻大,普遍采用高通风的设计,易造成香味成分的损失,进而导致吸食品质下降.此外,基于河南中烟细支烟“醇、香、甜、润”的产品定位,以及产品质量稳定性控制的需要,开展辅材参数对主流烟气中关键烤甜香成分释放量的影响研究具有重要意义.鉴于此,本文拟以细支卷烟为考察对象,系统研究滤嘴参数(丝束规格、滤棒压降、滤嘴通风度)对细支卷烟主流烟气中5种关键烤甜香(糠醇、5-甲基糠醇、3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚)总释放量的影响,旨在为卷烟产品开发数字化和卷烟香味成分补偿技术研究提供数据支撑.

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

主要材料:6.0Y/17000,6.7Y/17000 规格

二醋酸纤维素丝束,南通醋酸纤维有限公司产;8.0Y/15000 规格二醋酸纤维素丝束,德国罗地亚公司产;9.5Y/12000,11.0Y/15000 规格二醋酸纤维素丝束,美国塞拉尼斯有限公司产;卷烟纸、成形纸,牡丹江恒丰纸业有限公司产;接装纸,河南省新郑金芒果实业总公司产;其余辅材参数均相同,烟丝为同一种配方.

主要试剂:二氯甲烷(色谱纯)、超纯水(>18 MΩ)、乙酸苯乙酯、糠醇、5-甲基糠醇、3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚,以上试剂纯度≥98%,北京百灵威科技有限公司产.

主要仪器:SM450 直线型吸烟机,英国Cerulean 公司产;HP6890N/5975 气相色谱/质谱联用仪,美国 Agilent 公司产;KQ-700DE 数控超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司产;HH-S61ZK6 水浴锅(温控精度±1℃),巩义市予华仪器有限责任公司产;AL-204-IC 电子天平(感量0.0001 g),瑞士 METTLER TOLEDO 公司产.

1.2 样品的制备

以河南中烟某一在产规格细支卷烟为基础,其参数:烟支长度97 mm,圆周17 mm,滤嘴长度30 mm;基准辅材参数:卷烟纸定量28 g/m²,卷烟纸透气度50 CU,普通成形纸.

采用同一种配方烟丝,按照单因素试验的要求设计5种丝束规格,每个丝束3个滤棒压降梯度,共15个滤棒样品,搭配4个滤嘴通风梯度,在同一机台卷接60个卷烟样品,不同滤嘴参数细支卷烟样品设计参数见表1.

1.3 实验方法

1.3.1 样品的平衡与筛选 将细支卷烟样品置于温度为(22±1)℃,相对湿度为(60±2)%的环境中平衡48 h,然后按照烟支吸阻为(平均值±30) Pa,质量为(平均值±0.02) g,滤嘴通风度(设计值±2)%的标准,对已制备卷烟

样品进行筛选后作为待测样.

表1 不同滤嘴参数细支卷烟样品设计参数
Table 1 The design parameters of slim cigarette samples with different filter parameters

样品编号	丝束规格	滤棒压降/Pa	滤嘴通风度/%
F1—F4	6.0Y/17000	4400	0,20,40,60
F5—F8		4800	
F9—F12		5200	
F13—F16	6.7Y/17000	4000	0,20,40,60
F17—F20		4400	
F21—F24		4800	
F25—F28		3200	
F29—F32	8.0Y/15000	3500	0,20,40,60
F33—F36		3800	
F37—F40		2400	
F41—F44	9.5Y/12000	2800	0,20,40,60
F45—F48		3200	
F49—F52	11.0Y/15000	2400	0,20,40,60
F53—F56		2800	
F57—F60		3200	

1.3.2 5种关键烤甜香香味成分的测定方法

将平衡过的剑桥滤片装入烟气捕集器,采用直线式吸烟机,按 GB/T 19609—2004《卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油》^[16]规定的方法抽吸卷烟.每种样品抽吸5支,用剑桥滤片捕集主流烟气粒相物(TPM),卷烟抽吸完毕后,空吸5口,使主流烟气自由沉积30 s,称量后迅速取出剑桥滤片,并用脱脂棉擦拭捕集器,一并放入具塞三角瓶中,依次加入10 mL 二氯甲烷、100 μL 乙酸苯乙酯的二氯甲烷溶液(其中乙酸苯乙酯的质量浓度为2 mg/mL),摇匀,超声萃取30 min,静置5 min,取上清液,用0.45 μm 微孔滤膜过滤,滤液转入色谱瓶中,进行 GC-MS 分析,选择离子监测定量分析检测目标成分,每个样品平行测定两次.

GC-MS 分析条件为:色谱柱 DB-5MS 弹性石英毛细管柱(60 m×1.0 μm×0.25 mm);进样量1.0 μL;进样口温度290℃;升温程序为初始温度60℃,然后以2℃/min 的升温速

率升至 250℃, 随后以 5℃/min 的升温速率升至 290℃, 保持 20 min; 载气为氦气(99.999%); 载气控制模式为恒流模式; 分流比 10:1 (体积比); 流速 1.5 mL/min; 传输线温度 290℃; 离子源温度 230℃; 四极杆温度 150℃; 电离方式为 EI; 电子能量 70 eV; 扫描方式为 SIM; 扫描范围 26~400 amu; 溶剂延迟 6 min.

2 结果与分析

2.1 5 种关键烤甜香成分的定量测定结果

按照 1.3.2 的 GC-MS 条件对系列标准工作溶液中的 5 种关键烤甜香组分进行测定, 以各香味成分的峰面积为纵坐标、各香味成分的质量浓度为横坐标进行线性回归, 主流烟气中 5 种关键烤甜香成分的线性方程、相关系数和线性范围见表 2.

由表 2 可知, 5 种关键烤甜香成分的工作曲线之间的线性关系较好, R^2 均大于 0.996 9.

2.2 丝束规格对 5 种关键烤甜香成分释放量的影响

为考察丝束规格对细支卷烟主流烟气中 5 种关键烤甜香成分释放量的影响, 进行了单因素方差分析和多重比较, 结果见表 3.

从表 3 可知, 细支卷烟主流烟气中糠醇、5-甲基糠醇的释放量在不同丝束规格间的差异分别达到极显著水平 ($F=5.105, P<0.01$) 和显著水平 ($F=3.545, P<0.05$), 而细支卷烟主流烟气中 3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草

莓呋喃酮、麦芽酚释放量及 5 种烤甜香成分总释放量在不同丝束规格间的差异均没有达到显著水平 ($P>0.05$). 进一步的多重比较结果显示: 对于糠醇和 5-甲基糠醇释放量, 使用 11.0Y/15000 丝束的细支卷烟与使用 8.0Y/15000 和 9.5Y/12000 丝束的细支卷烟差异不显著, 但显著高于使用 6.0Y/17000 和 6.7Y/17000 丝束的细支卷烟; 5 种丝束规格间的 3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚及 5 种烤甜香成分总释放量, 有一定的差异, 但是均未达到显著水平. 这可能是因为不同丝束规格的滤棒, 由于单旦和总旦不同, 滤棒压降不同, 丝与丝之间的间隙不同, 因此对不同粒径的气溶胶截留情况也不相同. 对于糠醇、5-甲基糠醇、3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚这 5 种烤甜香成分, 由于各自的蒸气压不相同, 在烟气中形成的气溶胶粒径也不相同. 糠醇、5-甲基糠醇的蒸气压相对较低, 易凝结成较大粒径的气溶胶颗粒, 易被滤嘴截留, 所以丝束规格对其影响较大; 而对于 3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚这 3 种烤甜香成分, 蒸汽压相对较高, 形成的气溶胶颗粒相对较小, 不易被滤嘴截留, 所以丝束规格对其影响相对较小.

2.3 滤棒压降对 5 种关键烤甜香成分释放总量的影响

细支卷烟主流烟气中 5 种关键烤甜香成分

表 2 主流烟气中 5 种关键烤甜香成分的线性方程、相关系数及线性范围

Table 2 Linear equation, correlation coefficient and linear range of 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke

名称	分子量	保留时间/min	线性范围/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	线性回归方程	R^2
糠醇	98.1	17.35	1~100	$y=0.0026x-0.0037$	1.0000
5-甲基糠醇	110.1	25.57	1~100	$y=0.0082x-0.0102$	0.9999
3-甲基-2-环戊烯-1-酮	96.1	25.91	1~100	$y=0.0061x-0.0058$	0.9999
草莓呋喃酮	128.1	32.30	1~100	$y=0.0011x+0.0020$	0.9979
麦芽酚	126.1	37.66	1~100	$y=0.0055x-0.0394$	0.9969

总释放量随滤棒压降变化的情况如图 1 所示. 5 种关键烤甜香成分总释放量随滤棒压降增加均呈递减趋势,对于不同丝束规格,随着单旦增加,滤棒压降对细支烟主流烟气中5种关键烤

从图 1 可以看出,在滤嘴通风度保持不变的前提下,对于同一丝束规格,细支卷烟主流烟气中

表 3 5 种烤甜香在不同丝束规格样品主流烟气中释放量的方差分析和多重比较

Table 3 Variance analysis and multiple comparisons of the release amount of 5 kinds of key roasted sweet aromas in mainstream smoke among different tow specifications

$\mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$

香味物质	丝束规格					F 值	P 值
	6.0Y/17000	6.7Y/17000	8.0Y/15000	9.5Y/12000	11.0Y/15000		
糠醇	4.14 ± 0.89 ^c	4.3 ± 0.83 ^{bc}	4.61 ± 0.72 ^{abc}	5.07 ± 0.63 ^{ab}	5.26 ± 0.56 ^a	5.105 ^{**}	0.001
5-甲基糠醇	5.26 ± 1.41 ^b	5.14 ± 1.40 ^b	5.52 ± 1.14 ^{ab}	6.19 ± 0.94 ^{ab}	6.66 ± 1.00 ^a	3.545 [*]	0.012
3-甲基-2-环戊烯-1-酮	2.85 ± 0.87	2.79 ± 0.82	3.01 ± 0.72	3.29 ± 0.73	3.41 ± 0.66	1.508	0.212
草莓呋喃酮	23.3 ± 4.72	24.11 ± 6.32	22.84 ± 4.88	22.03 ± 3.45	24.15 ± 4.45	0.408	0.802
麦芽酚	3.35 ± 0.43	3.48 ± 0.46	3.49 ± 0.34	3.67 ± 0.47	3.71 ± 0.26	1.609	0.185
总释放量	38.89 ± 7.52	39.82 ± 9.18	39.47 ± 6.69	40.24 ± 4.90	43.17 ± 6.20	0.675	0.612

注:表中*表示达到 $\alpha=0.05$ 显著水平,**表示达到 $\alpha=0.01$ 极显著水平;各丝束规格的各个指标样本量为12;同一行小写字母不同表示差异达到0.05显著水平

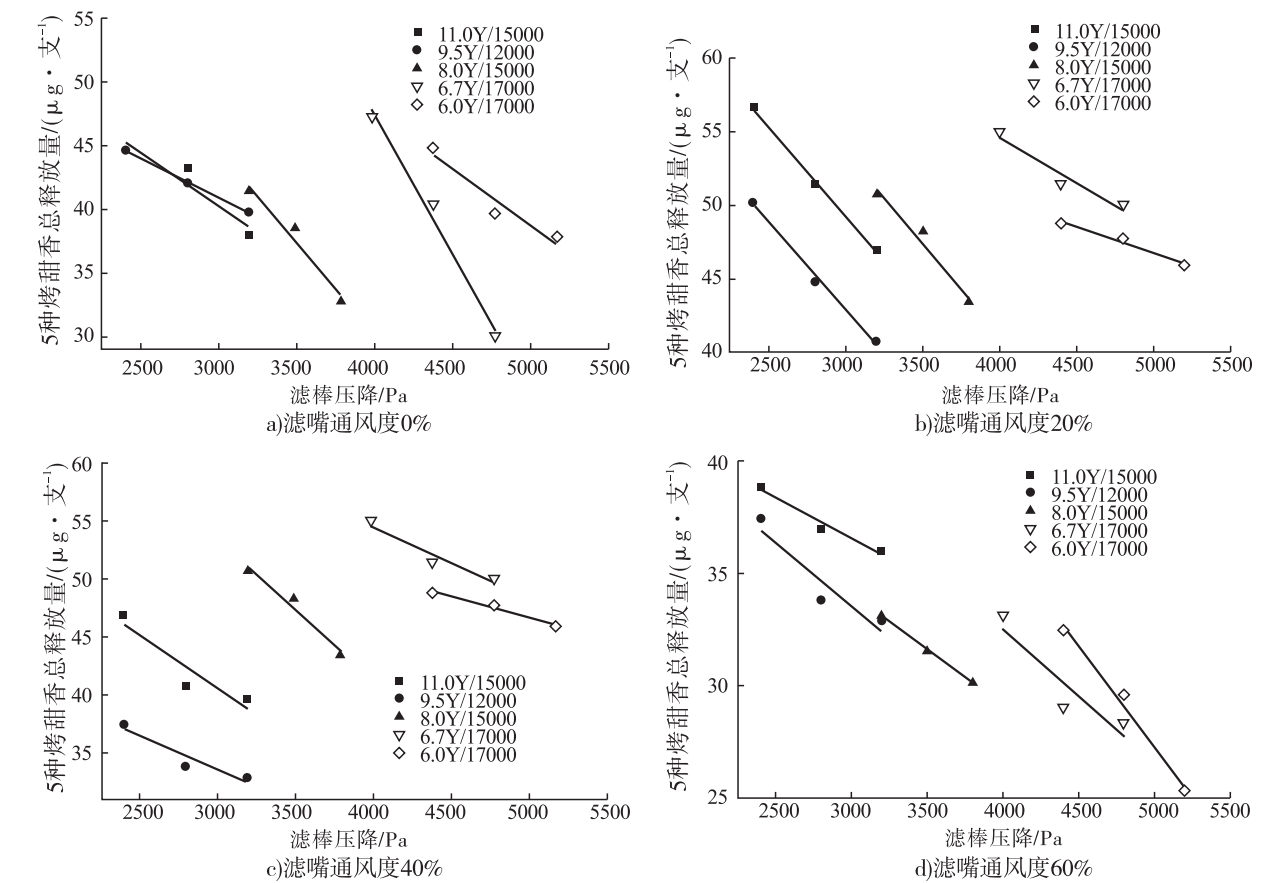


图 1 滤棒压降对 5 种关键烤甜香释放总量的影响

Fig. 1 Effect of pressure drop of filter rod on total release amount of 5 kinds of key roasted sweet aromas

甜香成分总释放量的影响没有明显的规律性。

细支烟主流烟气中 5 种关键烤甜香成分总释放量与滤棒压降之间的拟合关系见表 4。从表 4 可知,主流烟气中 5 种关键烤甜香成分总释放量与滤棒压降之间具有显著负相关关系 (R^2 均大于 0.726),这与于川芳等^[7-8]对常规卷烟的研究结果一致。对于常规卷烟,随着滤棒压降的升高,其焦油释放量和烟气烟碱量均呈降低趋势而过滤效率呈增加趋势(滤棒压降每增加 294 Pa,焦油量下降 0.412 mg,烟气烟碱量下降 0.029 4 mg,抽吸口数下降 0.058 8 口,过滤效率增加 3.06%,烟气 CO 量无变化)^[8]。对于细支卷烟,随着滤棒压降的增加,其 5 种关键烤甜香成分总释放量呈降低趋势(滤棒压降每增加 294 Pa,5 种烤甜香总释放量降低 1.06 ~ 6.35 $\mu\text{g}/\text{支}$),这是因为增加滤棒压降,滤棒的

过滤效率增大,导致滤片截留的香味成分呈减少趋势。

2.4 滤嘴通风度对 5 种关键烤甜香成分释放总量的影响

滤嘴通风度对主流烟气 5 种关键烤甜香成分总释放量的影响见图 2。由图 2 可以看出,对于所选 5 种丝束规格,在所有适宜的滤棒压降范围内,卷烟滤嘴通风度对 5 种关键烤甜香成分总释放量的影响规律基本一致,均呈现先增加后降低的趋势,在滤嘴通风度为 20% 时,5 种关键烤甜香成分总释放量最高,这与常规卷烟不同。据文献数据^[14,17],对于常规卷烟,滤嘴通风度从 0% 增加到 20%,卷烟主流烟气中粒相挥发性、半挥发性中性成分总量从 188.59 $\mu\text{g}/\text{支}$ 下降至 152.68 $\mu\text{g}/\text{支}$;当滤嘴通风度从 0.2% 增加到 22.2% 时,卷烟主流烟气中 25 种酸性

表 4 细支烟主流烟气中 5 种关键烤甜香成分总释放量与滤棒压降之间的拟合关系

Table 4 The fitting relationship between the total release amount of 5 kinds of key roasted sweet aromas and the pressure drop of the filter rod in the mainstream smoke of slim cigarettes				
滤嘴通风度/%	丝束规格	线性方程	R^2	滤棒压降增加 294 Pa,5 种关键烤甜香释放量降低量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1})$
0	11.0Y/15000	$y = -0.008\ 2x + 64.859$	0.793	2.41
	9.5Y/12000	$y = -0.006\ 2x + 59.538$	0.996	1.82
	8.0Y/15000	$y = -0.014\ 5x + 88.327$	0.934	4.26
	6.7Y/17000	$y = -0.021\ 6x + 134.224$	0.975	6.35
	6.0Y/17000	$y = -0.008\ 7x + 82.665$	0.868	2.56
20	11.0Y/15000	$y = -0.012\ 1x + 85.670$	0.995	3.56
	9.5Y/12000	$y = -0.011\ 9x + 78.602$	0.986	3.50
	8.0Y/15000	$y = -0.012\ 1x + 89.681$	0.930	3.56
	6.7Y/17000	$y = -0.006\ 2x + 79.348$	0.889	1.82
	6.0Y/17000	$y = -0.003\ 6x + 64.620$	0.948	1.06
40	11.0Y/15000	$y = -0.009\ 1x + 67.759$	0.726	2.68
	9.5Y/12000	$y = -0.005\ 7x + 50.756$	0.791	1.68
	8.0Y/15000	$y = -0.012\ 1x + 89.681$	0.930	3.56
	6.7Y/17000	$y = -0.006\ 2x + 79.348$	0.889	1.82
	6.0Y/17000	$y = -0.003\ 6x + 64.620$	0.948	1.06
60	11.0Y/15000	$y = -0.003\ 6x + 47.453$	0.944	1.06
	9.5Y/12000	$y = -0.005\ 7x + 50.756$	0.791	1.68
	8.0Y/15000	$y = -0.004\ 9x + 48.786$	0.998	1.44
	6.7Y/17000	$y = -0.006\ 0x + 56.582$	0.720	1.76
	6.0Y/17000	$y = -0.009\ 0x + 72.089$	0.974	2.65

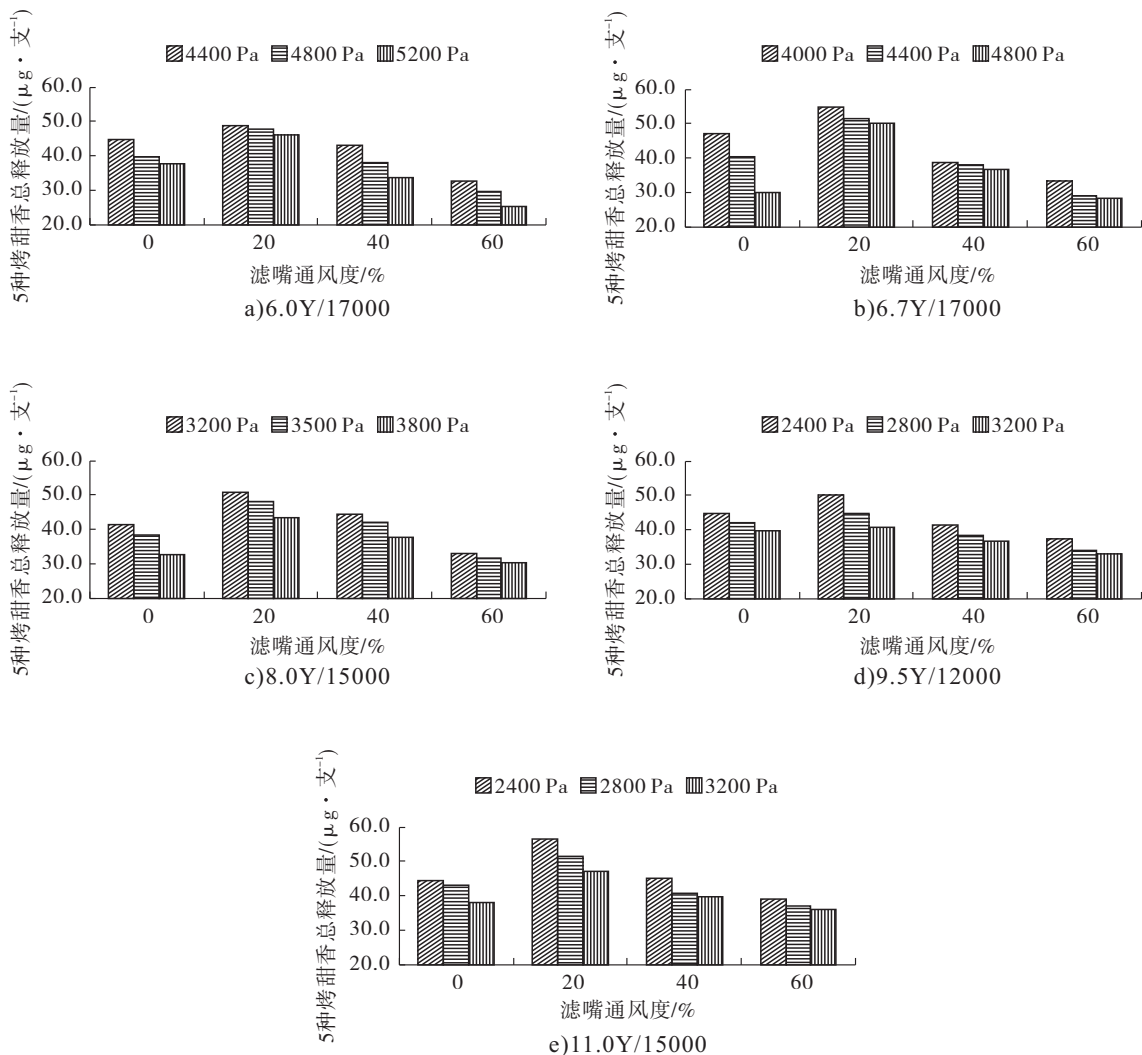


图2 滤嘴通风度对主流烟气5种关键烤甜香释放总量的影响

Fig. 2 Effect of filter ventilation rate on total release amount of 5 key roasted sweet aromas

成分总释放量从 $664.27 \mu\text{g}/\text{支}$ 下降至 $531.44 \mu\text{g}/\text{支}$ 。对于本文细支卷烟样品,滤嘴通风度从 0% 增加到 20%,以丝束规格 8.0Y/15000 为例,5 种关键烤甜香成分总释放量增加量为 $9.28 \sim 10.75 \mu\text{g}/\text{支}$,这可能是由不同卷烟圆周引起的卷烟烟丝燃烧状态不同造成的;但是随着滤嘴通风度的继续增加,5 种关键烤甜香成分总释放量均呈下降趋势,与常规卷烟基本一致,这是由于滤嘴通风度提高后卷烟烟气中的空气比重明显增加,进而引起卷烟燃烧状态的改变,继续增加滤嘴通风度,烟气横向扩散能力增强,香味物质进入侧流烟气的量增加,进

而造成进入主流烟气的量相应减少。

3 结论

本文通过对不同丝束规格、不同滤棒压降、不同滤嘴通风度组合制备的 60 个细支烟样品主流烟气中 5 种关键烤甜香成分的测定分析,得出如下结论。

1) 细支卷烟主流烟气中糠醇、5-甲基糠醇释放量在不同丝束规格间的差异分别达到极显著水平和显著水平,而细支卷烟主流烟气中 3-甲基-2-环戊烯-1-酮、草莓呋喃酮、麦芽酚释放量及这 5 种烤甜香成分总释放量在不

同丝束规格间的差异均不显著. 使用 11.0Y/15000 丝束的细支卷烟有较高的糠醇和 5-甲基糠醇释放量.

2) 在所研究的滤棒压降和滤嘴通风度范围内, 对于同一丝束规格, 细支烟主流烟气 5 种关键烤甜香总释放量与滤棒压降呈显著负相关, R^2 均大于 0.726, 随着滤棒压降升高, 主流烟气中 5 种关键烤甜香成分总释放量呈降低趋势; 对于不同丝束规格, 随着单旦增加, 细支卷烟主流烟气中 5 种关键烤甜香总释放量的变化没有明显的规律性; 随着滤嘴通风度的增加, 细支烟主流烟气中 5 种关键烤甜香总释放量呈现先增加后下降的趋势.

本文仅针对细支烟主流烟气中 5 种烤甜香成分释放量进行了研究, 后续工作中将开展滤嘴参数对细支卷烟中性、酸性、碱性等香味成分释放量的影响研究, 旨在为卷烟产品设计数字化和卷烟香味成分补偿技术研究提供数据支撑.

参考文献:

- [1] 张启东, 刘俊辉, 柴国璧, 等. 主流烟气粒相物水溶性组分中烤甜香成分分析[J]. 烟草科技, 2014(6):54.
- [2] 杨鹏元, 洪广峰, 张启东, 等. 红枣烤甜香特征成分的确定及制备工艺优化[J]. 中国烟草学报, 2016, 22(6):41.
- [3] STEINHAUS P, SCHIEBERLE P. Characterization of the key aroma compounds in soy sauce using approaches of molecular sensory science [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55(15):6262.
- [4] MATSUKURA M, TAKAHASHI K, ISHIGURO S, et al. Composition of semivolatiles from roasted tobacco [J]. Agric Biol Chem, 1983, 47(10):2281.
- [5] MATSUKURA M, TAKAHASHI K, KAWAMOTO M, et al. Comparison of roasted tobacco volatiles with tobacco essential oil and cigarette smoke condensate [J]. J Agric Food Chem, 1985, 49(3):711.
- [6] 张启东, 刘俊辉, 柴国璧, 等. 主流烟气粒相物水溶性组分中烤甜香成分分析[J]. 烟草科技, 2014(6):54.
- [7] 于川芳, 罗登山, 王芳, 等. 卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(一)[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2):1.
- [8] 于川芳, 罗登山, 王芳, 等. 卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(二)[J]. 中国烟草学报, 2001, 9(3):6.
- [9] 连芬燕, 李斌, 黄朝章, 等. 滤嘴通风对卷烟燃烧温度及主流烟气中七种有害成分的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(17):4074.
- [10] 庞永强, 黄春晖, 陈再根, 等. 通风稀释对卷烟燃烧温度及主流烟气中主要有害成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2012(11):29.
- [11] 蔡君兰, 韩冰, 张晓兵, 等. 滤嘴通风度对卷烟主流烟气中一些香味成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2011(9):54.
- [12] 翟玉俊, 田虎, 朱先约, 等. 接装纸和成形纸透气度对主流烟气中碱性香味成分的影响[J]. 烟草科技, 2012(2):56.
- [13] 潘立宁, 王冰, 刘绍锋, 等. 辅助材料参数对卷烟主流烟气中酸性香味成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2014(3):46.
- [14] 景延秋, 洗可法. 不同滤嘴稀释度对卷烟主流烟气中重要香味成分输送量的影响[J]. 中国烟草学报, 1999, 5(2):7.
- [15] 李炎强, 宗永立, 屈展, 等. 通风稀释、加长滤嘴对卷烟主流烟气粒相挥发性、半挥发性、中性成分释放量的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(6):19.
- [16] 中国国家标准化管理委员会. 卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油:GB/T 19609—2004 [S]. 北京:中国标准出版社, 2004.
- [17] 谢玉龙, 朱先约, 蔡君兰, 等. 滤嘴通风对卷烟酸性成分的影响[J]. 烟草科技, 2018, 51(3):30.