



引用格式:许春平,曾颖,汪洁,等.水松纸通风度对卷烟主流烟气中常规成分及香味成分的影响[J].轻工学报,2016,31(1):35-39.

中图分类号:TS41 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2016.1.007

文章编号:2096-1553(2016)01-0035-05

水松纸通风度对卷烟主流烟气中常规成分及香味成分的影响

Influence of permeability of the tipping paper on the conventional compositions and aroma components in mainstream cigarette smoke

许春平^{1,2},曾颖¹,汪洁¹,孙斯文¹,郝辉³

XU Chun-ping^{1,2}, ZENG Ying¹, WANG Jie¹, SUN Si-wen¹, HAO Hui³

1. 郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 食品生产与安全河南省协同创新中心, 河南 郑州 450001;

3. 河南中烟工业有限责任公司 技术中心, 河南 郑州 450000

1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. Collaborative Innovation Center for Food Production and Safety of He'nan, Zhengzhou 450001, China;

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

关键词:

水松纸; 通风度; 主流烟气; 香味成分

Key words:

tipping paper; permeability; mainstream cigarette smoke; aroma components

摘要:选用5种不同通风度(0 CU, 100 CU, 400 CU, 800 CU, 1 200 CU)水松纸制备卷烟样品,考察不同卷烟样品主流烟气常规成分和17种香味成分的释放量及气相物/粒相物分配比,并对不同卷烟样品进行感官评吸。结果表明:卷烟主流烟气中常规成分释放量和香味成分的总释放量均随着水松纸通风度的增加而降低;香味成分的气相物/粒相物分配比随着水松纸通风度的增加几乎都逐渐升高;因此,在实际生产中选择水松纸,以通风度400 CU为宜。

收稿日期:2015-11-20

基金项目:国家人社部“留学人员科技项目择优支持计划”项目(豫留学函(1010)16号)

作者简介:许春平(1977—),男,河南省焦作市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为烟草工程。

Abstract: The released amount and the gas/particle phase distribution ratio of the conventional components and 17 aroma components in cigarette mainstream smoke of the cigarettes with tipping paper permeability (0 CU, 100 CU, 400 CU, 800 CU and 1 200 CU) were investigated and the sensory taste of the samples was evaluated. The results showed that both the conventional components and the total released amount aroma components in mainstream cigarette smoke release amount decreased with increasing of tipping paper permeability; the gas/particle phase distribution ratio of almost aroma components raised gradually with the increase of tipping paper permeability; Therefore the cigarette with tipping paper permeability of 400 CU was more suitable in the actual production.

0 引言

随着现代科学技术的高速发展,降低卷烟烟气中焦油及其他有害成分的研究也不断深入,农业技术、工业技术、生物技术、物理和化学技术等各种技术的综合利用在降焦减害领域中的研究和应用方兴未艾^[1-4]. 工业技术在降焦减害中的应用最为广泛,其中滤嘴通风稀释、使用高通风度和静燃速度快的卷烟纸,均可有效降低卷烟焦油含量^[5]. 在滤嘴通风稀释技术中,水松纸通风度是一个重要指标. 水松纸通风度受许多因素影响,包括成型纸通风度、水松纸透气度、打孔位置、滤嘴吸阻等. 目前,国内外关于滤嘴通风稀释技术对卷烟烟气成分影响的研究多集中于主流烟气常规成分、粒相物中的香味成分^[6-10],而对主流烟气气相物中香味成分的影响研究较少.

在卷烟燃吸过程中,香味成分中气相物和粒相物分配比例的改变会对卷烟的感官品质产生影响^[11-14],只有掌握卷烟主流烟气中香味成分的气相物/粒相物变化规律,才能根据分配比例的变化,采取有效的方法,既有针对性地降低卷烟烟气中的有害成分,又有选择性地加香加料,来解决因降低卷烟焦油量而使烟气稀释、香味变淡等问题. 利用改变水松纸通风度来改善卷烟烟气成分是一个重要的方法. 本文选用5个规格通风度的水松纸,通过实验系统地研究水松纸通风度对卷烟主流烟气成分、香味成分及感官品质的影响,分析水松纸通风度变化对卷烟

主流烟气气相物和粒相物中碱性成分和中性成分的影响,以期为卷烟产品设计提供技术支持.

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

卷烟样品:选取5个规格通风度的水松纸(0 CU, 100 CU, 400 CU, 800 CU, 1 200 CU),卷烟滤棒吸阻 4 000 Pa,卷烟纸通风度 60 CU,密度 28 g/cm²,采用相同烟丝配方卷制成5个样品.

材料:剑桥滤片,郑州烟草研究院产;无水乙醇(分析纯),天津市德思化学试剂有限公司产;二氯甲烷(色谱纯),天津市光复精细化工研究所产;乙酸苯乙酯(纯度 > 98.0%),梯希爱上海化成工业发展有限公司产.

仪器:RM20H 转盘吸烟机,德国 Borgwaldt-KC 公司产;LA-230S 型电子天平,北京赛多斯天平有限公司产;KBF240 恒温恒湿箱,德国 Binder 公司产;KQ-700DB 超声波振荡器,昆山超声仪器公司产;红外卷烟 CO 分析仪 Kane SGA91,英国凯恩公司产;Agilent 6890-5975 气相色谱-质谱联用仪(GC-MS),美国 Agilent 公司产;XAD-2 吸附管,上海安谱科学仪器有限公司产.

1.2 实验方法

1.2.1 卷烟主流烟气常规成分的测定 采用烟草行业标准 YC/T 29—1996^[15] 测定卷烟主流烟气常规成分总粒相物(TPM)、水分、烟碱、焦油和 CO.

1.2.2 卷烟主流烟气香味成分的测定 所用

卷烟样品按照 GB/T 16447—2004《烟草及烟草制品调节和测试的大气环境》规定的环境条件平衡,并按照质量 ± 200 mg,吸阻 ± 50 Pa 分选样品.按照 GB/T 16450—2004《常规分析用吸烟机定义和标准条件》规定的条件,用转盘吸烟机抽吸 20 支卷烟,用 XAD-2 吸附管捕集主流烟气气相物^[16](吸附剂 10 mL 0.01% 三乙胺/二氯甲烷溶液),用剑桥滤片捕集卷烟主流烟气颗粒物^[17];抽吸结束后,将捕集气相物的吸附管中的吸附剂转移至 20 mL 锥形瓶中,再加入 10 mL 0.01% 三乙胺/二氯甲烷溶液;取出捕集颗粒物的剑桥滤片,将其放入 50 mL 锥形瓶后加入 30 mL 二氯甲烷;各加入 1 mL 内标乙酸苯乙酯(浓度 0.376 5 mg/mL,溶剂二氯甲烷),室温下超声萃取 30 min,静置 5 min^[18].萃取后的溶液在 60 °C 恒温水浴锅中浓缩至 1~2 mL 后用 0.45 μm 微孔滤膜过滤,滤液移入 2 mL 色谱瓶,于 0~4 °C 下避光保存待用.

用 GC-MS 分析烟气中香味成分含量,每种卷烟进行 3 次重复实验,结果取 3 次平均值. GC-MS 分析条件为:色谱柱为 DB-5 型毛细管柱(60 m \times 0.25 mm \times 0.25 μm);进样口温度为 250 °C;升温程序为 50 °C (1 min) $\xrightarrow{2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}}$ 220 °C (30 min);进样量为 2 μL ;分流比为 10:1;载气为 He;流速为 1.0 mL/min;传输线温度为 280 °C;电离方式为 EI;电离能量为 70 eV;离子源温度为 230 °C;四极杆温度为 150 °C;扫描方式为 SIM 模式.

定性定量分析:选择化合物的特征离子为定量离子,以定量离子面积和内标定量离子面积之比计算其相对含量.

1.2.3 感官品质评价 以 5 种通风度的水松纸(其他辅材及参数相同),制成 5 个样品,按照国标 GB 5606—2005 要求^[19],在温度(22 \pm 2) °C,相对湿度(60 \pm 5)% 的恒温恒湿箱中平衡 24 h.按现行评吸标准,对卷烟进行感官品质

评吸鉴定和评价.

2 结果与讨论

2.1 水松纸通风度对卷烟主流烟气常规成分释放量的影响

对不同水松纸通风度的卷烟主流烟气中常规成分的测定结果见表 1.由表 1 可知,卷烟主流烟气常规成分释放量随着水松纸通风度的增加出现不同程度的减少;随着水松纸通风度的增加,烟碱、焦油和 CO 这 3 种主流烟气释放量呈线性减少趋势.烟碱释放量回归方程为 $y = -0.109\ 0x + 1.131\ 0$, $R^2 = 0.987\ 5$;焦油释放量回归方程为 $y = -1.520\ 0x + 14.220$, $R^2 = 0.983\ 9$;CO 释放量回归方程为 $y = -2.022\ 0x + 16.416$, $R^2 = 0.980\ 0$.从回归方程的斜率看,CO 释放量减少的速度最快,烟碱和焦油次之,这说明水松纸通风度的变化对于 CO 释放量的影响大于对烟碱和焦油释放量的影响.

表 1 不同水松纸通风度卷烟主流烟气常规成分一览表(单支卷烟)

Table 1 List of conventional components from mainstream cigarette smoke by using different tipping paper (single cigarette)

水松纸通风度/CU	TPM /(mg·支 ⁻¹)	水分 /(mg·支 ⁻¹)	烟碱释 放量/mg	焦油释 放量/mg	CO 释 放量/mg
0	15.90	2.23	1.03	12.64	14.35
100	14.47	2.03	0.92	11.52	12.79
400	11.91	1.67	0.79	9.45	10.12
800	9.83	1.38	0.67	7.78	7.71
1 200	8.74	1.22	0.61	6.91	6.78

2.2 水松纸通风度对卷烟主流烟气香味成分释放量的影响

2.2.1 主流烟气中碱性香味成分含量及气相物/颗粒物分配比的比较 卷烟样品主流烟气中气相物/颗粒物中的碱性香味成分含量见表 2.由表 2 可知,在其他条件不变的情况下,

随着水松纸通风度的增加,卷烟主流烟气中粒相物和气相物中碱性香味成分的含量均逐渐降低,而气相物/粒相物分配比几乎都逐渐增加.

2.2.2 主流烟气中中性香味成分(酮类)含量及气相物/粒相物分配比的比较 卷烟样品主流烟气中气相物/粒相物中的中性香味成分(酮类)含量见表3.由表3可知,在其他条件不变的情况下,随着水松纸通风度的增加,卷烟主流烟气中粒相物和气相物中酮类的含量逐步降低,气相物/粒相物分配比逐步增加.

2.2.3 主流烟气中中性香味成分(呋喃类)含量及气相物/粒相物分配比的比较 卷烟样品主流烟气气相物/粒相物中的中性香味成分(呋喃类)含量见表4.由表4可知,在其他条件不变的情况下,随着水松纸通风度的增加,卷烟主流烟气中粒相物和气相物中呋喃类的含量逐步降低,气相物/粒相物分配比逐渐增加.这是因为随着水松纸通风度的增加,烟气经通风稀释后,相当于用低于标准抽吸容量抽吸非通风卷烟,因此卷烟抽吸时消耗的烟丝减少,阴燃时消耗的烟丝增多,所以卷烟主流烟气中香味成

分的释放量也相应减少.表4还表明,碱性香味成分和中性香味成分(酮类、呋喃类)的气相物/粒相物分配比都随着水松纸通风度的增加逐渐增加.这是因为随着水松纸通风度的增加,烟气经通风稀释后,香味成分气相物和粒相物的释放量都降低,但是两者的降低率不同,大多数香味成分的气相释放量降低率低于其粒相释放量降低率,从而使主流烟气经稀释后,其香味成分的气相物/粒相物分配比升高.

2.3 感官品质评吸结果

对不同通风度水松纸制成的卷烟感官品质综合统计见表5.由表5可知,随着水松纸通风度的提高(0~400 CU),烟支的香气透发性增强,杂气减少,余味变干净,这是因为水松纸通风度增大后,每口抽吸进去的空气量增加,因此刺激性和杂气降低,干净程度变好^[20].水松纸通风度提高到800 CU以上后,香气量欠缺,卷烟的吸味变差,刺激性逐渐减小,杂气、干净程度上升,原因是水松纸通风度过高会导致香气量和烟气浓度下降.因此,水松纸通风度的选择以400 CU为宜.

表2 卷烟样品主流烟气中气相物/粒相物中的碱性香味成分含量

Table 2 Alkaline aroma components of vapor phase/particulate matter in the mainstream of cigarette samples mg/支

水松纸通风度/ CU	吡啶			2-甲基吡啶			3-甲基吡啶			3,5-二甲基吡啶			3-乙炔基吡啶		
	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比
0	2.32	2.47	1.06	1.43	0.56	0.39	2.58	1.35	0.52	1.95	0.92	0.47	1.9	0.75	0.39
100	2.17	2.37	1.09	1.28	0.50	0.39	2.47	1.27	0.51	1.81	0.83	0.46	1.74	0.67	0.39
400	1.60	1.93	1.21	0.72	0.36	0.50	1.14	0.67	0.59	1.31	0.62	0.47	1.71	0.65	0.38
800	1.40	1.83	1.31	0.63	0.35	0.56	1.04	0.65	0.63	1.19	0.61	0.51	1.13	0.52	0.46
1 200	1.29	1.68	1.30	0.30	0.20	0.67	0.43	0.39	0.91	0.82	0.42	0.51	0.99	0.49	0.49

表3 卷烟样品主流烟气中气相物/粒相物中的中性香味成分(酮类)含量

Table 3 Neutral aroma constituents (ketone) of vapor phase/particulate matter in the mainstream of cigarette samples mg/支

水松纸通风度/ CU	羟基丙酮			1-羟基-2-丁酮			环己酮			2-环戊烯-1,4-二酮			2-甲基-2-环戊烯-1-酮			3-甲基-2-环戊烯-1-酮			2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮			3,4-二甲基-2-环戊烯-1-酮		
	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比
0	6.53	2.99	0.46	1.74	0.92	0.53	1.77	0.98	0.55	1.76	0.65	0.37	3.16	2.35	0.74	2.81	1.46	0.52	1.05	0.63	0.60	2.94	0.16	0.05
100	5.65	3.01	0.53	0.98	0.58	0.59	1.07	0.64	0.60	1.46	0.68	0.47	2.92	2.26	0.77	2.53	1.48	0.58	0.9	0.53	0.59	1.58	0.09	0.06
400	5.06	2.92	0.58	0.98	0.56	0.57	0.82	0.61	0.74	0.83	0.49	0.59	2.44	1.97	0.81	2.25	1.29	0.57	0.84	0.57	0.68	0.75	0.06	0.08
800	2.84	2.24	0.79	0.82	0.49	0.60	0.75	0.57	0.76	0.73	0.44	0.60	2.15	1.78	0.83	2.15	1.23	0.57	0.66	0.46	0.70	0.51	0.04	0.08
1 200	2.79	2.13	0.76	0.64	0.46	0.72	0.72	0.59	0.82	0.61	0.42	0.69	1.29	1.1	0.85	1.52	1.03	0.68	0.55	0.45	0.82	0.16	0.02	0.13

表4 卷烟样品主流烟气气相物/粒相物中的中性香味成分(呋喃类)含量

Table 4 Neutral aroma constituents (furan compounds) of vapor phase/particulate matter in the mainstream of cigarette samples

水松纸通风度/CU	糠醛			糠醇			2-乙酰基呋喃			5-甲基糠醛		
	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比	粒相物	气相物	气/粒比
0	10.44	8.02	0.77	13.36	2.56	0.19	3.47	1.06	0.31	5.52	0.28	0.05
100	8.03	6.78	0.84	12.86	2.45	0.19	2.43	1.06	0.44	4.53	0.24	0.05
400	5.19	4.73	0.91	8.09	1.76	0.22	1.12	0.78	0.70	3.99	0.23	0.06
800	3.77	3.60	0.95	5.27	1.09	0.21	0.91	0.63	0.69	2.58	0.21	0.08
1 200	2.90	3.34	1.15	0.81	0.68	0.84	0.27	0.25	0.93	1.49	0.18	0.12

表5 不同水松纸通风度卷烟的感官品质评吸结果

Table 5 The sensory evaluation of cigarettes with different ventilation of tipping paper

水松纸通风度/CU	评吸结果
0	香气难以透发出来,劲头强,谐调性不好,刺激性大,烟气发散,成团性不好,口腔有残留,有明显干燥感
100	香气开始散发出来,劲头减小,谐调性增加,刺激性减小,干燥感得到改善,口腔有残留,有苦涩感
400	香气量较饱满,劲头适中略减小,谐调性增加,余味干净,杂气减少,刺激性略减少,口腔基本无残留
800	香气量减少,劲头减小,谐调性增加,余味干净,杂气减小,刺激性明显减小,口腔基本无残留,但吸味变差
1 200	香气量欠缺,劲头小,刺激性较小,谐调性增加,余味干净,无明显杂气,干净程度变好,但吸味很差

3 结论

本文选用0 CU,100 CU,400 CU,800 CU,1 200 CU这5种通风度的水松纸制备卷烟样品,通过实验系统研究水松纸通风度对卷烟主流烟气常规成分、香味成分及感官品质的影响,得到如下结论:

随着水松纸通风度的增加,卷烟主流烟气常规成分释放量出现不同程度的降低,烟碱、焦油和CO这3种主流烟气的释放量呈线性减少趋势,CO释放量斜率绝对值最高,这说明水松纸通风度的变化对于气相成分的影响大于粒相成分.随着水松纸通风度的增加,碱性香味成分和中性香味成分(酮类、呋喃类)在气相物和粒

相物中的总释放量都逐渐减少.

感官评析表明,由于每口抽吸掉的卷烟烟丝减少,而每口烟气中又含有部分空气,因此必然会影响烟支的感官品质,而综合各指标评吸结果,在实际生产中选择水松纸通风度400 CU为宜.本研究对通过改变水松纸通风度来设计卷烟产品提供了技术支持.

参考文献:

- [1] 郑新章,张仕华,邱纪青.卷烟降焦减害技术研究进展[J].烟草科技,2003(11):8.
- [2] BRANDY F. Reducing Risk[J]. Tobacco, 2000(6):56.
- [3] 王英,沈彬,朱建华.选择性去除香烟烟气中亚硝酸胺的研究[J].环境化学,2000,19(3):277.
- [4] WIERNIK A, CHRISTAKOPOULOS A, JOHANSSON I. Effects of air-curing on the chemical composition of tobacco[J]. Res Adv Tob Sci,1995(21):39.
- [5] 彭桂新,于建春.降低卷烟焦油量的技术措施研究[J].烟草科技,1997(4):7.
- [6] DWYER R, IHRIG A M, IRELAND M S, et al. The effect of tip dilution on the filtration efficiency of upstream and downstream segments of cigarette filter[J]. Beitr Tabakforsch Int,1984(12):178.
- [7] BAKER R R. The effect of ventilation on cigarette combustion mechanism[J]. Rec Adv Tob Sci, 1984(10):88.
- [8] PARRISH M E, HARWARD C N, VILCINS G. Simultaneous monitoring of filter ventilation and a gaseous component in whole cigarette smoke using tunable diode laser infrared spectroscopy[J]. Beitr Tabakforsch Int,1986(13):169.

- [7] ZHANG D Y, SEELIG G. Dynamic DNA nanotechnology using strand-displacement reactions [J]. *Nature chemistry*, 2011, 3(2): 103.
- [8] MITEHDL J C, YURKE B. DNA Scissors [C] // *DNA Computing: 7th International Workshop on DNA-Based Computers*, Heidelberg: Springer, 2002: 258 - 268.
- [9] SHIN J S, PIERCE N A. A synthetic DNA walker for molecular transport [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2004, 126(35): 10834.
- [10] LUND K, MANZO A J, DABBY N, et al. Molecular robots guided by prescriptive landscapes [J]. *Nature*, 2010, 465(7295): 206.
- [11] LI W, YANG Y, YAN H, et al. Three-input majority logic gate and multiple input logic circuit based on DNA strand displacement [J]. *Nano letters*, 2013, 13(6): 2980.
- [12] 周康, 王延峰, 刘文斌, 等. 基于闭环 DNA 的边着色问题 DNA 算法 [J]. *华中科技大学学报(自然科学版)*, 2006, 34(9): 25.
- [13] ZHANG C, YANG J, XU J. Circular DNA logic gates with strand displacement [J]. *Langmuir*, 2010, 26(3): 1416.
- [14] WANG Z G, WILNER O I, ITAMAR W. Self-assembly of aptamer-circular DNA nanostructures for controlled biocatalysis [J]. *Nano letters*, 2009, 9(12): 4098.
- [15] WEIZMANN Y, BRAUNSCHWEIG A B, WILNER O I, et al. A polycatenated DNA scaffold for the one-step assembly of hierarchical nanostructures [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2008, 105(14): 5289.

(上接第 39 页)

- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] DUBE M F, GREEN C R. Methods of collection of smoke for analytical purposes [J]. *Rec Adv Tob Sci*, 1982(8): 42.
- [12] ZELDES S G, HORTON A D. Trapping and determination of labile compounds in the gas phase of cigarette smoke [J]. *Anal Chem*, 1978, 50: 779.
- [13] 谢复炜, 赵阁, 夏巧玲, 等. 卷烟主流烟气中挥发性有机化合物的捕集装置: ZL200720091565.0 [P]. 2008-06-11.
- [14] 朱晓兰, 刘百战, 朱青林, 等. 卷烟烟气中挥发性组分的毛细管气相色谱分析 [J]. *分析测试学报*, 2001, 20(5): 38.
- [15] 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: YC/T 29—1996 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [16] 韩冰, 刘惠民, 谢复炜, 等. 卷烟主流烟气中挥发和半挥发性成分分析 [J]. *烟草科技*, 2009(10): 32.
- [17] 洪华俏, 郭紫明, 易克, 等. 卷烟主流烟气的中性和碱性香气成分分析 [J]. *湖南农业科学*, 2008(3): 140.
- [18] 庞永强, 王菲, 陈再根, 等. 不同捕集方式下卷烟主流烟气成分的 GC/MS 分析 [J]. *质谱学报*, 2009, 30(2): 124.
- [19] 中国国家标准化管理委员会. 《卷烟》系列国家标准宣贯教材: GB 5606—2005 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [20] 许宗保. 通风技术对卷烟内在质量的影响 [J]. *芜湖职业技术学院学报*, 2004, 6(2): 90.