



引用格式:许蔼飞,章平泉,范忠,等.用气相色谱法同时测定薄荷型卷烟滤嘴中的薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量[J].轻工学报,2018,33(5):53-59.

中图分类号:TS41<sup>+</sup>1 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2018.05.007

文章编号:2096-1553(2018)05-0053-07

# 用气相色谱法同时测定薄荷型卷烟滤嘴中的薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量

## Simultaneous determination of the content of menthol, triacetin and nicotine in mint cigarette filter by gas chromatography

许蔼飞<sup>1</sup>,章平泉<sup>2</sup>,范忠<sup>1</sup>,黄世杰<sup>1</sup>,陈志燕<sup>1</sup>,周芸<sup>1</sup>,唐桂芳<sup>1</sup>,  
朱静<sup>1</sup>,李小兰<sup>1</sup>,许春平<sup>3</sup>

XU Aifei<sup>1</sup>,ZHANG Pingquan<sup>2</sup>,FAN Zhong<sup>1</sup>,HUANG Shijie<sup>1</sup>,CHEN Zhiyan<sup>1</sup>,  
ZHOU Yun<sup>1</sup>,TANG Guifang<sup>1</sup>,ZHU Jing<sup>1</sup>,LI Xiaolan<sup>1</sup>,XU Chunping<sup>3</sup>

1. 广西中烟工业有限责任公司技术中心,广西南宁 530001;
  2. 江苏中烟工业有限责任公司淮阴卷烟厂品质管理处,江苏淮安 223002;
  3. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院,河南郑州 450001
1. Technology Center, China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning 530001, China;  
2. Quality Management Department of Huaiyin Cigarette Factory, China Tobacco Jiangsu Industrial Co., Ltd., Huai'an 223002, China;  
3. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China

### 关键词:

气相色谱法;薄荷型  
卷烟滤嘴;薄荷醇;三  
乙酸甘油酯;烟碱

### Key words:

gas chromatography;  
mint cigarette filter;  
menthol; triacetin;  
nicotine

**摘要:**选择 HP-Innowax 毛细管色谱柱,以无水乙醇为萃取溶剂,采用气相色谱法同时测定薄荷型卷烟滤嘴中的薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量.结果表明:薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱分别在质量浓度 0.30 ~ 4.80 g · L<sup>-1</sup>, 0.30 ~ 4.80 g · L<sup>-1</sup> 和 0.01 ~ 0.16 g · L<sup>-1</sup> 范围内线性关系良好,定量限分别为 14.4 μg · 支<sup>-1</sup>, 29.8 μg · 支<sup>-1</sup> 和 9.6 μg · 支<sup>-1</sup>, 3 种目标物的加标回收率在 97.1% ~ 103.1% 之间,使用该方法对 7 个薄荷型卷烟滤嘴样品进行测定,3 种目标物的相对标准偏差均 < 3.0%, 爆珠薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇含量明显高于传统薄荷型卷烟滤嘴,而烟碱和三乙酸甘油酯含量变化无明显规律.

收稿日期:2017-12-06;修回日期:2018-03-26

基金项目:国家自然科学基金联合基金项目(U1604176);广西中烟合作项目(201745000034020)

作者简介:许蔼飞(1980—),男,江西省抚州市人,广西中烟工业有限责任公司工程师,硕士,主要研究方向为卷烟材料及卷烟产品化学分析.

通信作者:李小兰(1971—),女,广西壮族自治区贵港市人,广西中烟工业有限责任公司高级工程师,主要研究方向为烟草化学.

**Abstract:** HP-Innowax capillary column was selected and the content of menthol, triacetin and nicotine in mint cigarette filter was determined by gas chromatography with anhydrous ethanol as extraction solvent. The results showed that: The linear relationship was good among menthol, triacetic acid and nicotine in the concentration range of  $0.30 \sim 4.80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $0.30 \sim 4.80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  and  $0.01 \sim 0.16 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , respectively, the limit of quantification was  $14.4 \mu\text{g} \cdot \text{branch}^{-1}$ ,  $29.8 \mu\text{g} \cdot \text{branch}^{-1}$  and  $9.6 \mu\text{g} \cdot \text{branch}^{-1}$ , the spiked recoveries of the three targets ranged from 97.1% to 103.1%, and the determination result of 7 mint cigarette filter samples by this method showed that the relative standard deviations (RSD) were less than 3.0%. The content of menthol in the menthol cigarette filter was significantly higher than that of the traditional menthol cigarette filter, while the change of nicotine and triacetin content had no obvious change.

## 0 引言

薄荷香料是一种应用广泛的香精原料,主要用于食品、日化、卷烟和医药等行业<sup>[1-4]</sup>.薄荷醇能赋予卷烟烟气特异的清凉感觉<sup>[5]</sup>,已广泛应用于传统型和爆珠薄荷型卷烟<sup>[6-7]</sup>.烟碱是卷烟抽吸过程产生的重要特征物质之一,而卷烟滤嘴对烟碱具有一定的截留作用<sup>[8]</sup>.三乙酸甘油酯是制造卷烟滤嘴常用的增塑剂<sup>[9]</sup>,其使用量直接影响到滤嘴过滤效果和卷烟品质<sup>[10]</sup>.目前,卷烟滤嘴中薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯含量的检测,多集中于测定卷烟滤棒材料<sup>[11-13]</sup>,虽然也有卷烟和烟气中上述化合物的检测报道<sup>[14-18]</sup>,但文献报道多为单组分的测定,鲜见同时测定薄荷型卷烟滤嘴中上述3种组分含量的报道.本文拟采用气相色谱法建立同时测定薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量的方法,以期为卷烟烟气中薄荷醇和烟碱转移行为研究、卷烟产品质量监控和配方维护提供支持.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂和仪器

**材料:**7个薄荷型卷烟样品,广西中烟工业有限责任公司提供,样品信息见表1.

**主要试剂:**薄荷醇、烟碱、三乙酸甘油酯、十七碳烷,均为优级纯,百灵威科技有限公司产;甲醇、无水乙醇、异丙醇,均为色谱纯,美国

Dikma公司产.

表1 卷烟样品信息

Table1 Cigarette sample information

样品编号	滤嘴圆周 /mm	滤嘴吸阻 /Pa	滤嘴长度 /mm
传统薄荷型卷烟1 <sup>#</sup>	24.65	1207	27
传统薄荷型卷烟2 <sup>#</sup>	24.53	1278	25
传统薄荷型卷烟3 <sup>#</sup>	24.47	1027	24
传统薄荷型卷烟4 <sup>#</sup>	16.94	1271	30
传统薄荷型卷烟5 <sup>#</sup>	24.42	1164	30
爆珠薄荷型卷烟1 <sup>#</sup>	24.63	1053	27
爆珠薄荷型卷烟2 <sup>#</sup>	24.41	1085	30

**主要仪器:**Agilent 7890B 气相色谱仪(配FID检测器),Agilent 7890B-5977A 气相色谱质谱仪,美国 Aglient 公司产;LX20 直线吸烟机,美国博瓦特凯希公司产;AL204 电子天平,瑞士 Mettler Toledo 公司产;HY-8A 旋转振荡器,上海亚荣生化仪器厂产.

### 1.2 样品前处理

参照国标 GB/T 5606.1—2004<sup>[19]</sup>挑选试样烟支后,取20支传统薄荷型卷烟试样按照 GB/T 19609—2004<sup>[20]</sup>在吸烟机上进行卷烟抽吸.对于爆珠薄荷型卷烟,先刺破爆珠,然后立即进行卷烟抽吸.卷烟抽吸完毕后,取下烟蒂,去除烟蒂上的烟草柱体;纵向撕开滤嘴,每10支一组放入250 mL 具塞锥形瓶中,加入100 mL 萃取溶剂,密封;振荡萃取60 min,萃取液过0.45 μm 滤膜后,进行气相色谱分析.

### 1.3 标准溶液的配制

薄荷醇、烟碱、三乙酸甘油酯标准储备液配

制:分别称取薄荷醇 300.0 mg,烟碱 10.0 mg 和三乙酸甘油酯 300.0 mg,置于 10 mL 容量瓶中,萃取溶剂溶解,定容,其质量浓度分别为  $30.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $1.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $30.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

分别移取 0.1 mL, 0.2 mL, 0.4 mL, 0.8 mL, 1.6 mL 上述 3 种标准储备液于 10 mL 容量瓶中,萃取溶剂溶解,定容后为 3 种标准工作溶液,上机测试。

#### 1.4 气相色谱条件

通过实验在 HP - Innowax (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm), HP - 5 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm) 和 DB - 1 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm) 3 种不同极性毛细管色谱柱中选择适宜的色谱柱;进样口温度 250 °C;升温程序:150 °C (保持 2 min) → 180 °C (5 °C/min) → 230 °C (20 °C/min, 保持 3 min);检测器温度 250 °C;载气 N<sub>2</sub>, 流量 1.0 mL/min, 为恒流模式;H<sub>2</sub> 流量 40 mL/min;空气流量 400 mL/min;尾吹气体 N<sub>2</sub>, 流量 25 mL/min;分流比 50 : 1;进样量 1.0 μL。

萃取溶剂的配制:称取内标物十七碳烷 2.0 g,用适宜萃取剂定容至 4 L,备用。

## 2 结果与讨论

### 2.1 色谱柱选择结果

对 HP - Innowax, HP - 5 和 DB - 1 这 3 种不同极性色谱柱对目标物的分离效果进行实验,结果如图 1 所示,其中 1 表示薄荷醇,2 表示十七碳烷,3 表示烟碱,4 表示三乙酸甘油酯。由图 1 可知,3 种色谱柱均可对薄荷型卷烟滤嘴中的薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯 3 种目标物和内标物实现良好的基线分离(3 种色谱柱目标峰及内标峰出峰顺序相同),但 HP - Innowax 色谱柱得到的峰形更尖锐,响应更强,也与文献 [12 - 13] 柱型一致,因此,选取 HP - Innowax 为实验分离柱。

### 2.2 目标物辅助定性结果

在传输线温度 230 °C, 电离方式 EI, 离子源温度 230 °C, 四极杆温度 150 °C, 扫描方式为全扫描, 溶剂延迟 2.0 min 的质谱条件下, 利用 GC-MS 全扫描定性功能对目标物进行辅助定性验证, 对标准溶液和实际样品的测试结果表明, 在 3 种目标物对应的出峰时间处均能检测到目标物, 且目标物之间具有良好的匹配度, 说明在该实验条件下采用 GC-FID 同时测定 3 种目标物不会出现假阳性。

### 2.3 萃取溶剂的选择

为选择合适的萃取溶剂, 对常用溶剂(甲醇、无水乙醇、异丙醇)进行萃取和比对分析, 结果如图 2 所示。由图 2 可知, 甲醇作为萃取溶剂时, 萃取体系基质响应增多, 而无水乙醇作为

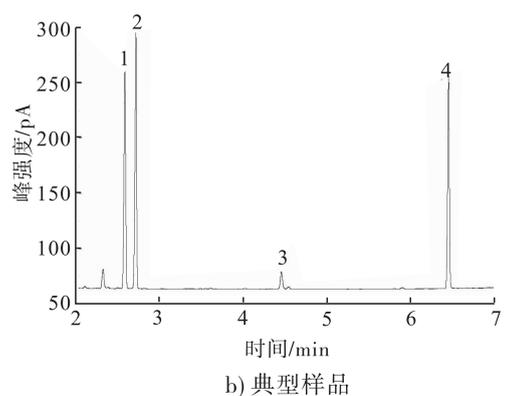
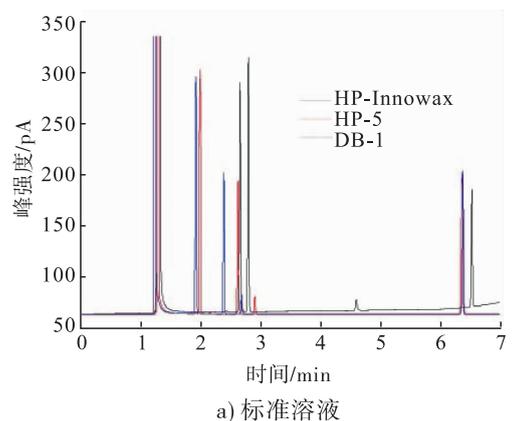


图 1 标准溶液和典型样品的气相色谱图

Fig. 1 Gas chromatograms of standard solution and typical sample

萃取溶剂时,目标物色谱响应强度略高于异丙醇.综合考虑萃取试样色谱行为和萃取溶剂化学属性,选择无水乙醇为萃取溶剂.

## 2.4 萃取条件的选择及其对萃取效果的影响

### 2.4.1 萃取时间对萃取效果的影响

为了考察萃取时间对萃取效果的影响,采用无水乙醇为萃取溶剂,选取典型薄荷型卷烟进行抽吸,收集10支抽吸后的卷烟滤嘴,并对不同萃取时间萃取后的试样中3种目标物含量进行测定,结果见表2.

由表2可知,10~30 min内,3种目标物的含量随着萃取时间的增加,均呈明显增加趋势;当萃取时间超过30 min后,薄荷醇和烟碱的含量均没有明显差异;萃取时间超过60 min后,三乙酸甘油酯的含量趋于稳定.因此,选择60 min为适宜的萃取时间.

### 2.4.2 萃取溶剂体积对萃取效果的影响

为了考察萃取溶剂体积对萃取效果的影响,选取

典型薄荷型卷烟进行抽吸,收集10支抽吸后卷烟的滤嘴,添加不同体积的萃取溶剂,并对萃取后的试样中3种目标物含量进行测定,结果见表3.

由表3可知,在80~140 mL范围内,萃取溶剂的体积对薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯的萃取效果无明显差异.为便于操作,同时考虑适当、合用的目标物质量浓

表2 萃取时间对薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯含量的影响

Table 2 Influence of extractive time on the content of menthol, nicotine and triacetin  $\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$

萃取时间/min	传统薄荷型卷烟滤嘴			爆珠薄荷型卷烟滤嘴		
	薄荷醇含量	烟碱含量	三乙酸甘油酯含量	薄荷醇含量	烟碱含量	三乙酸甘油酯含量
10	1.85	0.17	3.45	7.68	0.15	2.53
20	3.53	0.35	6.74	11.89	0.29	6.57
30	3.63	0.43	8.23	12.62	0.32	7.02
40	3.62	0.41	9.37	12.61	0.31	7.18
50	3.57	0.42	10.01	12.62	0.32	7.42
60	3.61	0.43	10.24	12.63	0.31	7.46
70	3.62	0.41	10.16	12.59	0.33	7.47
80	3.57	0.42	10.20	12.61	0.31	7.44
90	3.61	0.40	10.17	12.60	0.32	7.47
120	3.64	0.42	10.21	12.57	0.31	7.45
150	3.59	0.41	10.19	12.60	0.32	7.47

表3 萃取溶剂体积对薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯含量的影响

Table 3 Influence of volume of extractive on the content of menthol, nicotine and triacetin  $\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$

萃取溶剂体积/mL	传统薄荷型卷烟滤嘴			爆珠薄荷型卷烟滤嘴		
	薄荷醇含量	烟碱含量	三乙酸甘油酯含量	薄荷醇含量	烟碱含量	三乙酸甘油酯含量
80	3.49	0.41	10.29	12.60	0.30	7.45
90	3.54	0.39	10.15	12.59	0.31	7.44
100	3.58	0.40	10.34	12.63	0.31	7.46
110	3.51	0.39	10.20	12.62	0.30	7.43
120	3.49	0.41	10.18	12.58	0.31	7.40
130	3.47	0.39	10.25	12.57	0.30	7.39
140	3.53	0.40	10.19	12.59	0.29	7.40

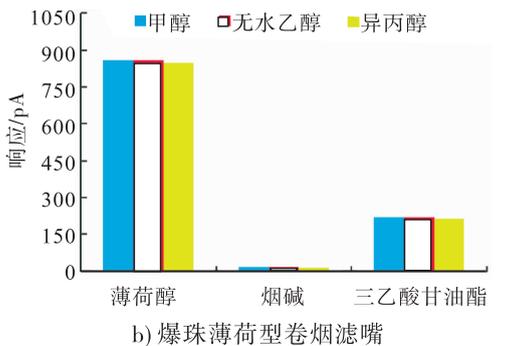
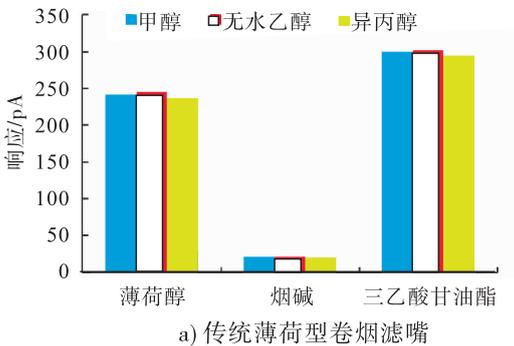


图2 不同卷烟滤嘴萃取溶剂对萃取效果的影响

Fig. 2 Influence of extraction solution efficiency for different cigarette filters

度,选择适宜的萃取溶剂体积为 100 mL.

## 2.5 方法表征与检验

**2.5.1 线性方程、检出限与定量限** 以各标准工作溶液中 3 种目标物的峰面积和内标物的峰面积比值为纵坐标,以 3 种目标物的质量浓度为横坐标,绘制 3 种目标物的标准工作曲线. 重复测定 10 次最低质量浓度标准溶液,计算目标物对应的标准偏差值,并分别以 3 倍和 10 倍标准偏差值为方法的检出限和定量限. 测试结果见表 4.

由表 4 可知,在质量浓度范围内,薄荷醇等 3 种目标物之间具有良好的线性关系,相关系数均  $\geq 0.9999$ ; 检出限和定量限分别在  $2.9 \sim 8.9 \mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$  和  $9.6 \sim 29.8 \mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$  之间.

**2.5.2 精密度与回收率** 根据样品中薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯 3 种目标物含量的高低,在低、中、高 3 个质量浓度水平上进行加标回收率试验. 在试样萃取前,分别添加不同含量的目标物标样,然后加入萃取溶剂进行萃取,并计算方法的加标回收率,结果见表 5 和表 6.

由表 5 和表 6 可知,精密度在  $0.62\% \sim 2.67\%$  之间,加标回收率在  $97.1\% \sim 103.1\%$  之间,说明该法具有良好的精密度和回收率,可适用于薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量的测定.

## 2.6 样品分析结果

采用本实验方法测定了 7 个薄荷型卷烟滤嘴样品中薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量(见表 7),选择典型薄荷型卷烟样品,按实验方法平行测定 6 次,并计算其相对标准偏差

(RSD),结果表明,实验选定的所有样品中均检出薄荷醇、烟碱和三乙酸甘油酯,3 种目标物的相对标准偏差  $< 3.0\%$ . 其中两种爆珠薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇含量( $12.62 \sim 16.43 \text{ mg} \cdot \text{支}^{-1}$ )明显高于传统薄荷型卷烟滤嘴( $2.47 \sim 8.56 \text{ mg} \cdot \text{支}^{-1}$ ),而烟碱和三乙酸甘油酯含量变化无明显规律,这主要与不同类型卷烟产品配方和卷烟参数设计有关<sup>[21]</sup>.

## 3 结论

本文选择 HP - Innowax 毛细管色谱柱,以无水乙醇为萃取溶剂,基于气相色谱法建立了同时测定薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量的方法. 结果表明,萃取时间为 60 min,萃取溶剂体积为 100 mL 条件下,3 种目标物分别在质量浓度  $0.30 \sim 4.80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $0.30 \sim 4.80 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $0.01 \sim 0.16 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  范围内线性关系良好,定量限分别为  $14.4 \mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$ ,  $9.6 \mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$  和  $29.8 \mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$ ,加标回收率在  $97.1\% \sim 103.1\%$  之间,这说明该方法简单、高效、准确,适用于薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇、三乙酸甘油酯和烟碱含量的同时测定. 使用该方法对 7 个薄荷型卷烟滤嘴样品进行测定,3 种目标物的相对标准偏差均  $< 3.0\%$ ,爆珠薄荷型卷烟滤嘴中薄荷醇含量明显高于传统薄荷型卷烟滤嘴,而烟碱和三乙酸甘油酯含量变化无明显规律,这主要与不同类型卷烟产品配方和卷烟参数设计有关.

表 4 目标物线性方程、相关系数、检出限和定量限

Table 4 Target linear equation, linearity parameters, limit of detection and limit of quantification

化合物	质量浓度范围/( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	线性方程	相关系数	检出限/( $\mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$ )	定量限/( $\mu\text{g} \cdot \text{支}^{-1}$ )
薄荷醇	0.30 ~ 4.80	$y = 2.9497x - 0.0245$	0.999 9	4.3	14.4
烟碱	0.01 ~ 0.16	$y = 2.1436x - 0.0107$	1.000 0	2.9	9.6
三乙酸甘油酯	0.30 ~ 4.80	$y = 0.9126x - 0.0152$	0.999 9	8.9	29.8

表5 精密度测试结果( $n=6$ )

化合物	薄荷醇	烟碱	三乙酸甘油酯
传统薄荷型卷烟滤嘴精密度	1.28	2.34	0.90
爆珠薄荷型卷烟滤嘴精密度	1.07	2.67	0.62

表6 回收率计算实验结果( $n=6$ )

卷烟滤嘴样品	化合物	加标浓度/( $\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$ )	回收率/%
传统薄荷型卷烟滤嘴	薄荷醇	1.50	97.1
		3.00	90.5
		6.00	101.5
	烟碱	0.20	100.0
		0.40	103.1
		0.80	100.0
三乙酸甘油酯	5.00	97.3	
	10.00	100.8	
	20.00	99.4	
爆珠薄荷型卷烟滤嘴	薄荷醇	6.00	98.5
		12.00	99.1
		24.00	102.4
	烟碱	0.20	99.1
		0.40	101.8
		0.80	98.7
三乙酸甘油酯	5.00	98.4	
	10.00	98.6	
	20.00	99.3	

表7 样品分析结果

Table 7 Analytical results of samples

卷烟滤嘴样品	薄荷醇		烟碱		三乙酸甘油酯		
	含量/( $\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$ )	RSD/%	含量/( $\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$ )	RSD/%	含量/( $\text{mg} \cdot \text{支}^{-1}$ )	RSD/%	
传统薄荷型卷烟滤嘴	1 <sup>#</sup>	3.60	1.01	0.41	1.98	10.19	0.78
	2 <sup>#</sup>	4.12	0.95	0.45	2.04	11.04	0.71
	3 <sup>#</sup>	8.56	0.87	0.34	1.42	13.47	0.53
	4 <sup>#</sup>	2.47	1.25	0.21	2.87	6.38	0.86
	5 <sup>#</sup>	5.43	0.94	0.36	1.73	11.74	0.57
爆珠薄荷型卷烟滤嘴	1 <sup>#</sup>	12.62	1.02	0.31	1.74	7.46	0.90
	2 <sup>#</sup>	16.43	0.52	0.37	1.25	11.73	0.54

## 参考文献:

- [1] FURRER S M, SLACK J P, Mc CLUSKEY S T, et al. New developments in the chemistry of cooling compounds [J]. Chemosensory Perception, 2008, 1(2): 119.
- [2] 郑昌戈, 刘焯业, 喻晓蔚, 等. L-薄荷醇的合成研究[J]. 化工进展, 2011, 30(10): 2276.
- [3] 何智慧, 罗嘉, 练文柳. 薄荷卷烟研究进展[J]. 烟草科技, 2006(9): 38.
- [4] 程阔菊, 王晖, 陈垦. 薄荷醇的安全性研究进展[J]. 辽宁中医杂志, 2010, 37(2): 377.
- [5] ECCLES R. Menthol and related cooling compounds [J]. Journal of Pharmacy & Pharmacology, 1994, 46(8): 618.
- [6] STRASSER A A, ASHARE R L, KAUFMAN M,

- et al. The effect of menthol on cigarette smoking behaviors, biomarkers and subjective responses [J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2013, 22(3):382.
- [7] 王文俊,孙凯健,陈静. 薄荷醇加香位置对主流烟气中薄荷醇含量的影响[C]//中国烟草学会2014年学术年会. 上海:上海市烟草学会,2014.
- [8] 金闻博,戴亚,杨俊. 烟草化学与烟气分析[M]. 南昌:江西科技出版社,1993.
- [9] 周永芳,张伟杰,蒋平平. 国内外烟草用增塑剂三醋酸甘油酯现状及发展趋势[J]. *增塑剂*, 2010, 21(2):4.
- [10] 冯剑,王军,王雷,等. 滤嘴中三乙酸甘油酯含量与其物理指标的相关性研究[J]. *安徽农业通报*, 2012, 16(6):126.
- [11] 张卫平,陆明华,胡爱平,等. 气相色谱法测定醋酸纤维滤棒中薄荷醇[J]. *理化检验:化学分册*, 2014, 50(10):1299.
- [12] 中国国家标准化管理委员会. 醋酸纤维滤嘴中薄荷醇的测定 气相色谱法:YC/T 416—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. 醋酸纤维滤嘴中三乙酸甘油酯的测定 气相色谱法:YC/T 331—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [14] 黄龙,陈一,刘辉,等. 卷烟及烟气中薄荷醇的毛细气相色谱分析[J]. *烟草科技*, 2007(4):32.
- [15] 官梅,葛炯,许建铭,等. 卷烟及烟气中薄荷醇含量的测定[J]. *烟草科技*, 2002(7):29.
- [16] 林文强,欧亚非,王瑞玲,等. 薄荷型卷烟和主流烟气中薄荷醇分析及其转移的研究[J]. *化学研究与应用*, 2010, 22(9):1122.
- [17] 中国国家标准化管理委员会. 卷烟滤嘴中烟碱的测定 气相色谱法:YC/T 154—2001[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [18] 黄华发. 卷烟滤嘴中三醋酸甘油酯向主流烟气的转移研究[J]. *安徽农业科技*, 2012, 40(6):3602.
- [19] 中国国家标准化管理委员会. 卷烟 第1部分 抽样:GB/T 5606.1—2004[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [20] 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.
- [21] 彭斌,孙学辉,尚平平,等. 辅助材料设计参数对烤烟型卷烟烟气焦油、烟碱和CO释放量的影响[J]. *烟草科技*, 2012(2):61.