



胡超,吴东川,务文涛,等. 活性炭滤嘴对卷烟主流烟气中香味成分截留规律的影响[J]. 轻工学报,2022,37(4):73-80.
HU C, WU D C, WU W T, et al. Effect of activated carbon filter on the retention law of aroma components in mainstream cigarette smoke[J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(4): 73-80. DOI:10. 12187/2022. 04. 010

活性炭滤嘴对卷烟主流烟气中香味成分截留规律的影响

胡超¹, 吴东川², 务文涛¹, 吕阳波¹, 宋凌勇¹, 潘海洋², 李志华¹, 张峻松²

1. 广西中烟工业有限责任公司 技术中心, 广西南宁 530000;
2. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001

摘要: 以活性炭滤嘴卷烟、普通滤嘴卷烟为研究对象, 采用单因素试验确定活性炭颗粒、丝束中香味成分的最优萃取条件, 利用气相色谱-质谱技术(GC-MS)对两种卷烟抽吸后的烟蒂及主流烟气中的香味成分进行检测, 比较两种卷烟香味成分的差异性, 分析活性炭滤嘴对卷烟主流烟气中香味成分的截留规律。结果表明: 1) 活性炭颗粒最优萃取条件为以二氯甲烷作为萃取溶剂、萃取液体积 25 mL、萃取时间为 25 min、萃取温度为 25 °C; 丝束最优萃取条件为以乙醇作为萃取溶剂、萃取液体积 50 mL、萃取时间为 35 min、萃取温度为 30 °C; 2) 活性炭颗粒截留的香味成分多为小分子物质; 活性炭滤嘴卷烟丝束对香味成分的截留量均低于普通滤嘴卷烟丝束; 整体上活性炭滤嘴对香味成分的截留量低于普通滤嘴, 活性炭滤嘴卷烟主流烟气颗粒物中香味成分的总含量高于普通滤嘴卷烟; 3) 活性炭滤嘴对主流烟气中大多数物质的截留率均低于普通滤嘴, 其中大分子物质的截留率差异明显。

关键词: 活性炭; 气相色谱-质谱技术; 主流烟气; 香味成分; 截留率

中图分类号: TS411 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2022)04-0073-08

0 引言

活性炭作为一种吸附材料, 因其表面疏松多孔的结构而具有较强的吸附性能^[1-2]。向滤嘴中添加活性炭颗粒制成复合滤嘴是烟草行业内一种有效的“降焦减害”方式^[2-6]。已有研究表明, 活性炭复合滤嘴能有效改善卷烟吸味, 有利于提升卷烟品质^[7-11], 还能有效降低主流烟气中多种有害成分^[12-15]。曾万怡等^[16]的研究结果表明活性炭复合滤嘴能有效降低主流烟气中低分子醛酮类化合物含

量; 沈凯等^[17]制备的活性炭复合滤嘴, 在保持焦油量不变的情况下能有效降低主流烟气中氰化氢和巴豆醛含量。陈浩等^[18]的研究表明, 活性炭滤嘴对环戊烯酮类香味成分具有较高的吸附效率。朱景溯^[19]发现活性炭复合滤嘴对烟丝中薄荷醇的吸附能力大于纯醋纤滤嘴。可见, 活性炭颗粒在降焦减害的同时也会一定程度地吸附某些香味物质, 从而影响卷烟吃味。

目前, 关于活性炭滤嘴对主流烟气中各类香味成分截留规律的系统性研究仍相对较少。基于此,

收稿日期: 2021-09-30

基金项目: 河南省科技攻关项目(182102310647); 广西中烟工业有限责任公司科技攻关项目(202045000350025)

作者简介: 胡超(1979—), 男, 河南省南阳市人, 广西中烟工业有限责任公司工程师, 主要研究方向为卷烟配方和香料配方。E-mail: 1317754084@qq.com

通信作者: 宋凌勇(1978—), 男, 广西壮族自治区象州县人, 广西中烟工业有限责任公司工程师, 主要研究方向为卷烟产品研发、调香。E-mail: 532789484@qq.com

本文以活性炭滤嘴和普通滤嘴卷烟为研究对象,采用单因素试验优化活性炭颗粒、丝束中香味成分的萃取条件,利用气相色谱-质谱技术(GC-MS)对两种卷烟抽吸后的烟蒂及主流烟气中的香味成分进行检测分析,比较两种卷烟主流烟气中香味成分的差异性,以期明确活性炭滤嘴对卷烟主流烟气中香味成分的截留规律,进而为活性炭卷烟产品的进一步开发提供数据支撑。

1 实验方法

1.1 材料、试剂与仪器

主要材料:无水乙醇、正己烷,均为色谱纯,购于天津市大茂化学试剂厂;甲醇(色谱纯)、二氯甲烷(色谱纯)、乙酸苯乙酯(质量分数 $\geq 99\%$),购于迪马科技有限公司。

主要仪器:SB-3200DT 超声萃取仪,宁波新芝生物科技股份有限公司产;RM20 H 转盘式吸烟机,德国 Borgwaldt KC 公司产;EL204 电子天平,瑞士 Mettler Toledo 公司产;DHG-9145A 电热鼓风干燥箱,上海一恒科学仪器有限公司产;7890A/5977A 气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦科技有限公司产。

卷烟:活性炭滤嘴卷烟烟支 58 mm、烟丝端丝束 10 mm、活性炭颗粒段 6 mm、口腔端丝束 10 mm、圆周 24.5 mm,结构如图 1 所示;普通滤嘴卷烟烟支 58 mm、醋纤滤嘴 26 mm、圆周 24.5 mm,除滤嘴外其他指标均与活性炭滤嘴卷烟一致,由广西中烟工业有限责任公司提供。

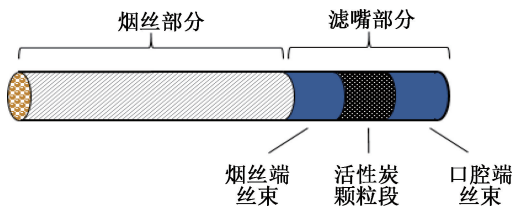


图 1 活性炭滤嘴卷烟烟支结构

Fig. 1 Cigarette structure of activated carbon filter cigarette

1.2 实验方法

1.2.1 溶液的配制 剑桥滤片内标溶液:称取 20 mg 乙酸苯乙酯置于 100 mL 容量瓶中,使用二氯甲烷定容至刻度线,摇匀后得到乙酸苯乙酯质量浓

度为 0.2 mg/mL 的剑桥滤片内标溶液。

活性炭颗粒内标溶液:称取 2 g 乙酸苯乙酯置于 10 mL 容量瓶中,使用适合活性炭颗粒中香味成分萃取的萃取剂定容至刻度线,摇匀后得到乙酸苯乙酯质量浓度为 0.2 g/mL 的活性炭颗粒内标溶液。

丝束内标溶液:称取 3 份 20 mg 乙酸苯乙酯,分别置于 100 mL 容量瓶中,使用无水乙醇、甲醇或正己烷定容至刻度线,摇匀后得到乙酸苯乙酯质量浓度为 0.2 mg/mL 的丝束内标溶液,用于丝束中香味成分的萃取。由于二氯甲烷易使醋纤丝束溶解,影响其他成分的定量结果,因此溶剂不再选择二氯甲烷。

1.2.2 香味成分萃取及条件优化 按照标准《常规分析用吸烟机定义和标准条件》(GB/T 16450—2004)^[20]的要求,利用吸烟机抽吸两种卷烟,用剑桥滤片收集卷烟的总颗粒物,将抽吸后的活性炭滤嘴卷烟烟蒂的丝束与活性炭颗粒剥离,备用。

将剑桥滤片置于 100 mL 锥形瓶中,加入 40 mL 剑桥滤片内标溶液超声振荡萃取 30 min,萃取完成后取 1 mL 萃取液过膜后进行 GC-MS 分析。

将剥离出的活性炭颗粒转移至 50 mL 锥形瓶中,加入一定量的萃取剂,在适宜温度下萃取一定时间,萃取完成后取 10 mL 的萃取溶液加入 10 μ L 活性炭颗粒内标溶液,混合均匀后取 1 mL 过膜后进行 GC-MS 分析。采用单因素试验,分别使用不同的萃取剂(甲醇、二氯甲烷、无水乙醇或正己烷)进行萃取,加入不同体积(15 mL、20 mL、25 mL、30 mL、35 mL)的萃取剂,采用不同的萃取温度(15 $^{\circ}$ C、20 $^{\circ}$ C、25 $^{\circ}$ C、30 $^{\circ}$ C、35 $^{\circ}$ C),萃取不同的时间(15 min、20 min、25 min、30 min、35 min),根据 GC-MS 分析结果确定最优萃取条件。

将剥离出的丝束置于 150 mL 锥形瓶中,加入一定量的萃取剂,在适宜温度下萃取一定时间,萃取完成后取 1 mL 萃取液过膜后进行 GC-MS 分析。采用单因素试验,分别使用不同的丝束内标溶液进行萃取,加入不同体积(40 mL、50 mL、60 mL、70 mL、80 mL)的萃取剂,采用不同的萃取温度(15 $^{\circ}$ C、20 $^{\circ}$ C、25 $^{\circ}$ C、30 $^{\circ}$ C、35 $^{\circ}$ C),萃取不同的时间(25 min、30 min、35 min、40 min、45 min),根据 GC-MS 分析结果确定最优萃取条件。

1.2.3 GC-MS 分析条件 GC 分析条件:色谱柱为 HP-5 MS(60 m×0.25 mm×0.25 μm);载气为 He,流量为 1.0 mL/min;进样口温度为 280 ℃;进样量为 1 μL;分流比为 5:1。升温程序:初温 50 ℃,保持 2 min,以 3 ℃/min 的速率升温至 100 ℃,保持 10 min,再以 5 ℃/min 的速率升温至 280 ℃,保持 10 min。

MS 分析条件:传输线温度为 280 ℃;EI 源电子能量为 70 eV;电子倍增器电压为 1750 V;扫描方式为全扫描;离子源温度为 230 ℃;四极杆温度为 150 ℃;溶剂延迟为 5 min。

1.2.4 滤嘴对主流烟气中香味成分截留率的计算 按照下式计算滤嘴对主流烟气中香味成分的截留率(E)。

$$E = \frac{C_0 + C_2}{C_0 + C_1 + C_2} \times 100\%$$

式中, C_0 为活性炭颗粒中香味成分的含量; C_1 为主流烟气中香味成分的含量; C_2 为丝束中香味成分的含量。普通滤嘴卷烟中无 C_0 项,计算时该项为 0。

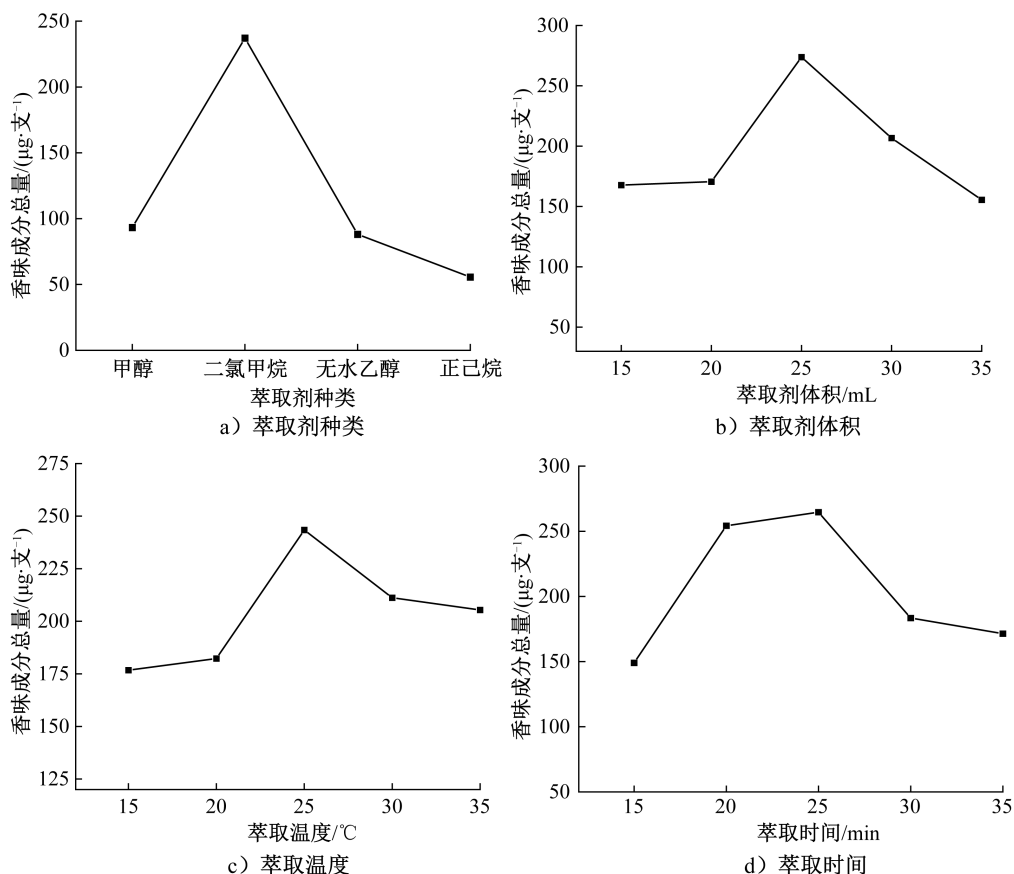


图2 活性炭颗粒中香味成分萃取条件的单因素试验结果

Fig. 2 Single factor experimental results on extraction conditions of aroma components in activated carbon particles

2 结果与讨论

2.1 香味成分萃取条件优化结果

2.1.1 活性炭颗粒中香味成分萃取条件优化结果分析

活性炭颗粒中香味成分萃取方法的单因素试验结果如图2所示。由图2可知,二氯甲烷对活性炭颗粒中香味成分的萃取效率最高;随着萃取剂体积、萃取温度和萃取时间的增加,活性炭颗粒中香味成分的萃取效率均呈现先增加后降低的趋势。当以二氯甲烷为萃取剂,萃取剂体积为 25 mL、萃取温度为 25 ℃、萃取时间为 25 min 时,活性炭颗粒中香味成分的萃取效率最高,达 273.8 μg/支。

2.1.2 丝束中香味成分萃取条件优化结果分析

丝束中香味成分萃取方法的单因素试验结果如图3所示。由图3可知,无水乙醇对活性炭颗粒中香味成分的萃取效率最高;随着萃取剂体积、萃取温度和萃取时间的增加,丝束中香味成分的萃取效率均呈现先增加后降低的趋势。当使用无水乙醇为萃

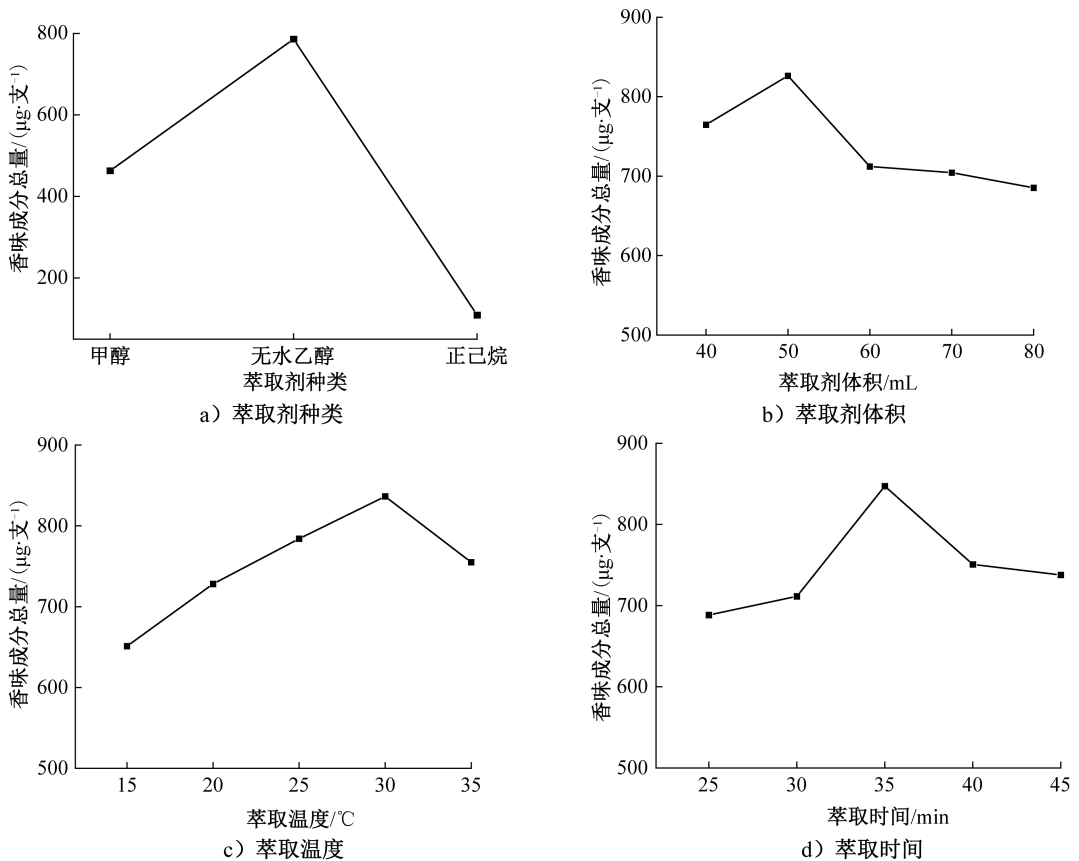


图3 丝束中香味成分萃取条件的单因素试验结果

Fig. 3 Single factor experimental results on extraction conditions of aroma components in acetate fiber tow

取剂,萃取剂体积为 50 mL、萃取温度为 30 °C、萃取时间为 35 min 时,丝束中香味成分的萃取效率最高,达 847.2 μg/支。

2.2 卷烟各部位香味成分分析

2.2.1 活性炭颗粒中香味成分分析

活性炭颗粒中香味成分种类及含量见表 1。由表 1 可知,活性炭颗粒共截留 17 种香味物质,其中酮类 6 种,2-环戊烯酮含量最高,为 36.06 μg/支,其次是甲基环戊烯醇酮,为 16.03 μg/支;烯炔类 7 种,d-柠檬烯含量最高,为 78.02 μg/支,其次是苯乙烯,为 14.71 μg/支;醛类 3 种,含量最高的是糠醛,为 26.89 μg/支,其次是 5-甲基糠醛,为 12.12 μg/支;醇类 1 种,为 L-薄荷醇,含量为 2.34 μg/支。结合各物质相对分子质量进行分析,发现活性炭颗粒截留物质的相对分子质量介于 82.10~278.50 之间,其中相对分子质量为 82.10~138.25 的香味成分较多,而对茄酮、新植二烯等相对分子质量相对较大的物质截留量较少,这可能是因为活性炭颗粒孔径较小,对小分子的物质具有更强的吸附作用^[21-22]。

表 1 活性炭颗粒中香味成分种类及含量

Table 1 Types and contents of aroma components in activated carbon particles

种类	名称	相对分子质量	含量/(μg·支 ⁻¹)
酮类	2-环戊烯酮	82.10	36.06
	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	96.13	6.98
	2-环己烯-1-酮	96.13	4.73
	2,3-二甲基-2-环戊烯酮	110.15	5.32
	甲基环戊烯醇酮	112.13	16.03
	茄酮	194.31	2.47
烯炔类	苯乙烯	104.15	14.71
	月桂烯	136.23	2.92
	β-蒎烯	136.23	6.06
	别罗勒烯	136.23	1.51
	d-柠檬烯	136.24	78.02
	(+)-对-薄荷-1-烯	138.25	8.60
	新植二烯	278.52	3.72
醛类	糠醛	96.08	26.89
	5-甲基糠醛	110.11	12.12
	肉桂醛	132.16	2.01
醇类	L-薄荷醇	156.27	2.34
总量			230.49

2.2.2 两种滤嘴丝束中香味成分分析 活性炭滤嘴卷烟及普通滤嘴卷烟丝束中香味成分种类及含量如表 2 所示。由表 2 可知,两者检测出酚类、酮类、酯类、醛类、醇类、杂环类和其他类共 7 种类别的香味成分,其中截留酮类香味成分的总含量最高,活性炭滤嘴卷烟和普通滤嘴卷烟分别为 257.50 $\mu\text{g}/\text{支}$ 和 312.15 $\mu\text{g}/\text{支}$;其次是醛类,总含量分别为 189.68 $\mu\text{g}/\text{支}$ 和 222.92 $\mu\text{g}/\text{支}$,截留酯类香味成分最少,总含量分别为 31.87 $\mu\text{g}/\text{支}$ 和 41.58 $\mu\text{g}/\text{支}$ 。活性炭滤嘴卷烟和普通滤嘴卷烟丝束截留的 7 类香味物质中含量差别最大的物质分别是苯酚、甲基环戊烯醇酮、丙酮酸甲酯、糠醛、糖醇、3-甲基吡啶、新植二烯。普通滤嘴卷烟丝束对各类香味成分的截留量均大于

活性炭滤嘴卷烟,可能是因为相比于活性炭卷烟的滤嘴,普通卷烟滤嘴多了约 1/3 的丝束,导致其对大部分香味成分的截留效果较活性炭滤嘴卷烟更明显。

综上所述,活性炭滤嘴对主流烟气中香味成分的截留效率明显低于普通滤嘴,说明向滤嘴中添加活性炭不会造成卷烟香气不足。

2.2.3 卷烟主流烟气粒相物中香味成分分析 活性炭滤嘴卷烟及普通滤嘴卷烟主流烟气粒相物中香味成分种类及含量如表 3 所示,一表示未检测到。由表 3 可知,主流烟气中检测出酚类、酮类、酯类、醛类和其他类共 5 种类别的香味成分,活性炭滤嘴卷烟主流烟气粒相物中 5 种类别香味成分含量均高于普通滤嘴卷烟,其原因与活性炭滤嘴对大部分香味

表 2 活性炭滤嘴卷烟及普通滤嘴卷烟丝束中香味成分种类及含量
Table 2 Types and contents of aroma components in tow of activated carbon filter cigarette and ordinary filter cigarette

种类	名称	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)		种类	名称	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	
		活性炭滤嘴卷烟	普通滤嘴卷烟			活性炭滤嘴卷烟	普通滤嘴卷烟
酚类	苯酚	72.76	80.40	酯类	丙酮酸甲酯	23.21	30.84
	2-甲酚	15.16	17.35		γ -丁内酯	6.43	7.40
	对甲酚	42.17	46.27		棕榈酸甲酯	2.23	3.34
	愈创木酚	11.58	13.99		总量	31.87	41.58
	4-乙基苯酚	17.59	26.56	醛类	糠醛	52.60	107.08
	2-甲氧基-4-乙烯苯酚	12.54	14.18		5-甲基糠醛	28.20	40.55
	总量	171.80	198.75		5-羟甲基糠醛	49.38	64.10
酮类	乙酰基丙酮	17.05	22.19	醇类	香兰素	11.45	11.19
	甲基环戊烯醇酮	9.55	19.58		总量	141.63	222.92
	2(5H)-呋喃酮	10.90	13.03		糠醇	31.69	38.57
	2-羟基-2-环戊烯-1-酮	18.94	19.24	1,3-丁二醇	4.37	4.86	
	5-甲基-2(5H)-呋喃酮	2.63	3.04	异山梨醇	10.25	11.59	
	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	15.95	20.01	总量	46.31	55.03	
	4-甲基-2(H)-呋喃酮	8.49	10.42	杂化类	吡咯	2.91	6.44
	2-羟基-3-甲基-2-环戊烯酮	26.59	31.97		3-甲基吡啶	3.96	11.62
	2,3-二甲基-2-环戊烯酮	19.75	25.52		2-乙酰呋喃	9.00	14.50
	4-羟基-2,5-二甲基-3(2H)呋喃酮	12.03	14.60		3-乙基吡啶	8.08	13.29
苯乙酮	3.86	5.54	5-甲基-2-乙酰基呋喃		4.28	5.04	
3-乙基-2-环戊烯-1-酮	6.78	8.73	2-乙酰吡咯		4.09	4.70	
酮类	乙基环戊烯醇酮	13.63	16.03	吡啶	15.22	15.27	
	DDMP	66.58	75.56	3-甲基吡啶	11.54	11.86	
	3,5-二羟基-2-甲基-4H-吡喃-4-酮	6.51	5.67	总量	59.09	82.73	
	1-茛酮	10.71	9.60	其他类	新植二烯	29.46	53.41
	茄酮	7.58	11.43		棕榈酸	5.82	7.94
	总量	257.50	312.15		总量	35.28	61.35

成分的截留量远低于普通滤嘴有关。各类物质中含量相差较大的分别是苯酚、DDMP、棕榈酸甲酯、5-羟甲基糠醛、d-柠檬烯、新植二烯。其中活性炭滤嘴卷烟主流烟气中并未检测出d-柠檬烯,可能是d-柠檬烯沸点低、挥发性强,一部分在燃吸过程中发生散逸,另一部分则被活性炭颗粒截留。

2.3 活性炭滤嘴对卷烟主流烟气中香味成分的截留规律分析

以主流烟气和丝束中共有的17种香味成分为

指标,考查活性炭滤嘴和普通滤嘴对香味成分的截留率,结果见表4。由表4可知,两种卷烟滤嘴对主流烟气中17种香味成分的截留率范围分别为27.52%~87.63%和42.08%~91.65%,活性炭滤嘴截留率明显低于普通滤嘴卷烟,这与前文活性炭滤嘴对香味成分的截留量较低的结论一致。对比两种滤嘴对相对分子质量较大的新植二烯、棕榈酸和棕榈酸甲酯的截留率可知,相比于普通滤嘴,活性炭滤嘴对这3种物质截留率较低。新植二烯对烟气的直

表3 活性炭滤嘴卷烟及普通滤嘴卷烟主流烟气颗粒物中香味成分种类及含量

Table 3 Types and contents of aroma components in granular matter of mainstream smoke of activated carbon filter cigarette and ordinary filter cigarette

种类	名称	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)		种类	名称	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{支}^{-1}$)	
		活性炭滤嘴卷烟	普通滤嘴卷烟			活性炭滤嘴卷烟	普通滤嘴卷烟
酚类	苯酚	10.32	7.33	酮类	2-羟基-3-甲基-2-环戊烯酮	4.82	4.19
	2-甲酚	2.43	2.16		DDMP	44.02	41.05
	对甲酚	8.53	7.04		3,5-二羟基-2-甲基-4H-吡喃-4-酮	1.92	1.46
	4-乙基苯酚	8.59	6.78		6-甲基-3(2H)-吡嗪酮	7.56	6.68
	2-甲氧基-4-乙基苯酚	4.28	2.94		1-茛酮	2.76	2.56
	2-甲基-3-甲氧基苯酚	4.89	3.34		茄酮	3.64	3.32
	莨菪亭	4.27	3.61		4,7,9-巨豆三烯-3-酮	3.29	2.85
	总量	43.26	33.21		吡啶吡咯酮	3.16	3.11
酯类	(\pm)-3-羟基-r-丁内酯	3.66	3.20	总量	71.18	65.22	
	γ -己内酯	6.17	5.98	其他类	d-柠檬烯	—	2.38
	甲基丙烯酸乙酯	6.02	5.59		吡啶	3.13	1.85
	棕榈酸甲酯	5.37	4.60		3-甲基吡啶	2.87	2.31
	总量	21.22	19.37		新植二烯	56.32	38.10
			棕榈酸		9.69	8.83	
醛类	5-羟甲基糠醛	24.40	20.70	总量	71.98	53.41	
	香兰素	6.69	6.01				
	仙客来醛	2.53	2.32				
	总量	33.60	29.08				

表4 活性炭滤嘴及普通滤嘴对主流烟气中香味成分的截留率

Table 4 Retention rate of aroma components in mainstream smoke by activated carbon filter and ordinary filter

名称	相对分子质量	截留率/%		名称	相对分子质量	截留率/%	
		活性炭滤嘴	普通滤嘴			活性炭滤嘴	普通滤嘴
苯酚	94.11	87.63	91.65	1-茛酮	130.14	79.53	78.93
2-羟基-3-甲基-2-环戊烯酮	112.13	85.65	88.41	吡啶	117.15	83.95	89.20
2-甲酚	108.14	86.17	88.91	2-甲氧基-4-乙基苯酚	150.18	74.55	83.84
对甲酚	108.14	83.18	86.79	茄酮	194.31	73.41	77.49
DDMP	144.13	60.99	66.62	3-甲基吡啶	131.17	80.06	83.69
4-乙基苯酚	122.16	68.20	79.67	香兰素	152.15	63.11	65.05
3,5-二羟基-2-甲基-4H-吡喃-4-酮	142.11	77.20	79.56	新植二烯	278.52	37.09	58.40
5-羟甲基糠醛	126.11	66.92	75.55	棕榈酸甲酯	270.45	29.35	42.08
				棕榈酸	256.42	27.52	47.33

接作用是降低烟气刺激性、醇和烟气及增加青香韵;棕榈酸是烟叶中重要的香气前体物,其含量与卷烟香吃味品质呈正相关;棕榈酸甲酯能醇和烟气、增加甜感。这些物质对卷烟的感官品质均起到正面作用,若截留率较高会导致普通滤嘴卷烟香气的损失。

3 结论

本文以活性炭滤嘴卷烟、普通滤嘴卷烟为研究对象,考查了不同萃取条件对活性炭颗粒、丝束中香味成分含量的影响,结果表明以二氯甲烷作为萃取溶剂、萃取液体积为 25 mL、萃取时间为 25 min、萃取温度为 25 ℃时活性炭颗粒对香味成分萃取效率较高;以乙醇作为萃取溶剂、萃取液体积为 50 mL、萃取时间为 35 min、萃取温度为 30 ℃时丝束对香味成分萃取效率较高。利用 GC-MS 对两种卷烟抽吸后的烟蒂及主流烟气中的香味成分检测,发现活性炭颗粒截留的香味成分多为小分子易挥发的物质,这可能与活性炭孔径大小有关;活性炭滤嘴丝束对香味成分的截留量低于普通滤嘴,其原因可能是活性炭滤嘴卷烟相较于普通滤嘴卷烟要少 1/3 的丝束部分;活性炭滤嘴卷烟主流烟气粒相物中香味成分总含量略高于普通滤嘴卷烟,其中酚类物质和其他种类物质含量差异较大。活性炭滤嘴主流烟气中大多数香味成分的截留率均低于普通滤嘴,对 17 种特征香味成分的截留率范围分别为 27.52%~87.63% 和 42.08%~91.65%,其中对大分子物质的截留率差异明显,而对小分子物质的截留率的差异相对较小。该研究结果可为活性炭在卷烟中的应用及活性炭滤嘴卷烟的进一步开发提供参考,后续可继续研究活性炭截留的香味成分对卷烟感官品质的影响。

参考文献:

[1] 刘铭轩. 活性炭研究进展及展望[J]. 内蒙古石油化工,2017,43(3):35-36.

[2] 肖欢,石贵滨,冯梦梦,等. 稻壳基活性炭的制备及其 CO₂ 吸附性能[J]. 材料科学与工程学报,2022,40(2):205-210.

[3] 杨文娟,黄金艳,黄鹏鹏,等. 卷烟烟气吸附材

料的研究进展[J]. 化工新型材料,2021,49(11):233-237.

- [4] 谢山岭,朱瑞芝,牟定荣,等. 两种炭质吸附剂在去除卷烟烟气挥发性羰基化合物中的应用[J]. 应用化工,2009,38(9):1321-1323.
- [5] 吴艾璟,叶世著. 壳聚糖及其改性材料在降低卷烟烟气有害成分上的应用[J]. 广东化工,2019,46(15):125-126,129.
- [6] 余其昌,黄菲,陈森林,等. 臭氧改性对活性炭表面性能的影响及在卷烟中的应用[J]. 烟草科技,2017,50(11):27-32,38.
- [7] 肖永银,王涛,岳保山,等. 核桃壳活性炭颗粒在卷烟滤嘴中的应用研究[J]. 湖北农业科学,2021,60(S1):223-225.
- [8] 杨建礼,曹稳. 滤棒添加剂对卷烟主流烟气中苯酚和巴豆醛等释放量的影响[J]. 大众科技,2017,19(9):27-30,41.
- [9] MOREIRA N, ARAUJO A M, ROGERSON F, et al. Development and optimization of a HS-SPME-GC-MS methodology to quantify volatile carbonyl compounds in Port wines [J]. Food Chemistry,2019,270:518-526.
- [10] 于航. 选择性吸附卷烟主流烟气中有害成分的吸附材料研究[D]. 北京:北京化工大学,2018.
- [11] HUBETSKA T, KHAINAKOVA O, KOBYLINSKA N G, et al. Spherical mesoporous carbon adsorbents for sorption, concentration, and extraction of nicotine and other components of cigarette smoke [J]. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces,2019,55(3):423-432.
- [12] 陈敏,陶立奇,傅靖刚,等. 离子分子反应质谱法研究滤嘴中活性炭添加量对卷烟主流烟气有害成分的影响[J]. 烟草科技,2016,49(1):38-45.
- [13] 姜瑞,石倩倩,刘志华,等. 活性炭制备方法对烟气吸附性能影响研究[J]. 炭素技术,2017,36(6):46-49.
- [14] 王颖,张亮,李小龙,等. 改性活性炭对卷烟主

- 流烟气气相物释放量的影响[J]. 轻工科技, 2014, 30(10): 35-37.
- [15] 李恒. 烟梗基活性炭的制备及在卷烟烟气中的吸附研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2019.
- [16] 曾万怡, 向能军, 龚为民, 等. 活性炭与壳聚糖对卷烟主流烟气中挥发性羰基化合物释放量的影响研究[J]. 精细化工中间体, 2014, 44(2): 60-64.
- [17] 沈凯, 夏倩, 周国俊, 等. 活性炭吸附剂的制备及其在选择性降低卷烟主流烟气中氰化氢的应用[J]. 工业催化, 2015, 23(10): 776-780.
- [18] 陈浩, 蔡超, 陈胜, 等. 加热不燃烧卷烟复合滤嘴的烟气释放特性研究[J]. 轻工科技, 2020, 36(11): 1-5.
- [19] 朱景溯, 曹伏军, 蒋成勇, 等. 活性炭复合滤嘴对卷烟中薄荷醇转移行为的影响[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(1): 15-18.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 常规分析用吸烟机定义和标准条件: GB/T 16450—2004[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [21] 王国栋. 木质活性炭对小分子气体吸附容量的理论计算[D]. 南京: 南京林业大学, 2017.
- [22] 王丽丽, 顾平, 赵春霞, 等. 活性炭微孔对 RO 浓水中小分子有机物的吸附[J]. 中国给水排水, 2013, 29(13): 87-90.

Effect of activated carbon filter on the retention law of aroma components in mainstream cigarette smoke

HU Chao¹, WU Dongchuan², WU Wentao¹, LYU Yangbo¹, SONG Lingyong¹,
PAN Haiyang², LI Zhihua¹, ZHANG Junsong²

1. Technology Center, China Tobacco Guangxi Industrial Co., Ltd., Nanning 530000, China;

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

Abstract: With activated carbon filter cigarettes and ordinary filter cigarettes as the research objects, single factor experiment was used to determine the optimal extraction conditions of aroma components in activated carbon particles and tow. The aroma components in the cigarette butts and mainstream cigarette smoke were detected, the differences in the aroma components in the two cigarettes were compared, and the retention law of the aroma components in the mainstream cigarette smoke by the activated carbon filter was analyzed. The results showed that the optimal extraction conditions for activated carbon particles were dichloromethane as the extraction solvent, the extraction volume was 25 mL, the extraction time was 25 min, and the extraction temperature was 25 °C. The optimal extraction conditions for the tow were ethanol as the extraction solvent, the extraction volume was 50 mL, the extraction time was 35 min, and the extraction temperature was 30 °C. The aroma components retained by activated carbon particles were mostly small molecular substances. In general, the ability of activated carbon filter to intercept aroma components was weaker than that of ordinary filters, and the total content of aroma components in mainstream smoke particles of activated carbon filter cigarettes was higher than that of ordinary filter cigarettes. The retention rate of activated carbon filter to most substances in mainstream cigarette smoke was lower than that of ordinary filters, and the retention rate of macromolecular substances was significantly different.

Key words: activated carbon; GC-MS; mainstream cigarette smoke; aroma component; retention rate

(责任编辑: 吴晓亭)