

# 梗丝掺配对卷烟主流烟气粒相物中香味成分的影响

黄志<sup>1</sup>,陶立奇<sup>1</sup>,沙云菲<sup>1</sup>,石硕<sup>2</sup>,吴达<sup>1</sup>,刘百战<sup>1</sup>

(1.上海烟草集团有限责任公司,上海 200082;2. 同济大学 化学科学与工程学院,上海 200082)

**摘要:**在叶丝样品中掺配了 5 种不同比例的梗丝卷制成了卷烟样品,然后通过中心切割气质联用技术对卷烟样品主流烟气的粒相物中香味成分进行测定分析.分析结果表明:随着梗丝掺配比例的增加,样品卷烟的单支克重、抽吸口数、总粒相物含量和主流烟气粒相物中香味成分含量均逐渐减少.此外,粒相物中大部分香味成分的含量也都逐渐降低.而由于梗丝中木质素、纤维素、果胶等大分子含量高以及燃烧性好,使得叶丝中梗丝量掺配增加后,烟气中 2-甲基吡嗪等美拉德反应产物、香兰素等木质素热解产物以及 2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮等大分子热解产物含量也随之增加.这些研究结果表明梗丝掺配虽然可以有效实现降焦,但仍需要通过加香方式来弥补梗丝加入后香气不足的问题.

**关键词:**主流烟气;粒相物;香味成分;卷烟;梗丝

**中图分类号:**O657.63

**文献标志码:**A

卷烟是一种以烟草为主要原料进行加工制作并以烟丝燃烧产生的烟气获得消费满足感的特殊商品,其内在质量的好坏,主要是通过进入人体口腔的烟气来进行优劣评判<sup>[1-3]</sup>.烟气是烟叶经过燃烧后产生的组成复杂的气溶胶,也是卷烟内在质量好坏的重要体现和评判标准<sup>[4-5]</sup>.其中,主流烟气是进入口腔产生生理强度的烟气,而粒相物则是主流烟气中沸点较高的一部分化合物,主要包括烟碱、焦油和香味物质等成分<sup>[6-8]</sup>.

近年来,随着国际烟草行业的深入发展以及消费者对卷烟产品质量和安全性的要求不断提升,国内烟草行业都在致力于卷烟制品降焦减害方面的研究<sup>[8]</sup>.卷烟叶组配方中加入一定量的梗丝,不仅能有效地降低卷烟抽吸过程中的焦油量,同时也有效提高了烟叶整体的可利用性<sup>[9-11]</sup>.由于卷烟烟气的化学组成极为复杂,在卷烟烟气的多组分分析时,常规的气相色谱-质谱(GC/MS)检测方法<sup>[12]</sup>的分离度通常会稍显不足,从而造成目标化合物色谱峰产生重叠,检测结果也因此出现不同程度的偏差.中心切割二维气质联用技术能够对主流烟气粒相物成分进行分段检测,进而提高了待测物的检测灵敏度,并能有效分离保留时间相近的化学物质<sup>[13-15]</sup>.

目前,国内外关于卷烟配方中掺配梗丝的研究大多都是和卷烟的感官评价等相关,而较少涉及主流烟气粒相物中香味成分含量变化等方面的研究.与此同时,卷烟吸阻的变化不仅会对燃烧产生的烟气化学成分组成产生重要的影响,对卷烟的感官吸味品质也会有巨大的影响<sup>[16]</sup>.因此,本文将掺配不同量梗丝的叶丝样品,在相同的吸阻条件下卷制成卷烟样品,然后通过中心切割二维气质联用技术对主流烟气粒相物中的香味成分进行测定分析,以研究梗丝掺配对卷烟主流烟气粒相物中香味成分的影响.

## 1 实验部分

### 1.1 试剂与仪器

实验所用 2015 年湖南烟叶(C 挑等级)和梗丝均由上海烟草集团有限责任公司技术中心提供,甲基叔丁基醚(99.8%,美国 Anaqua 公司),壬酸甲酯(98%)、十三酸甲酯(98.1%)、庚酸甲酯(98.2%)和戊酸甲酯(98%)

收稿日期:2018-04-19;修回日期:2018-05-28.

基金项目:国家自然科学基金(21706156)

作者简介:黄志(1988-),男,江苏常州人,博士,主要从事烟草化学分析技术研究.E-mail:huangz@sh.tobacco.com.cn.

通信作者:沙云菲,E-mail:shayf@sh.tobacco.com.cn.

(美国 ChemService 公司)。

AE200 型电子分析天平(感量: 0.000 1 g, 瑞士 Mettler Toledo 公司), Agilent 7890A/5977 气相色谱-质谱联用仪(美国 Agilent 公司), 样品卷烟所需 500 kg/h 试验线由上海高扬国际烟草有限公司提供, ZJ112 卷接机组(湖南常德烟草机械有限公司), GDX2 包装机组(意大利 GD 公司)。卷烟抽吸实验所用 RM200A 转盘式吸烟机(德国 Borgwaldt KC 公司)。

## 1.2 制 样

将 2015 年湖南 C 挑烟叶和梗丝在试验线上按照表 1 中的质量比掺配条件经卷包工序制成样品卷烟, 卷烟过程控制在吸阻条件(1 100±50)Pa 下进行, 每个样品各取卷烟 2 条(所卷卷烟的长度、圆周及辅材都一样)。

## 1.3 卷烟样品主流烟气颗粒物成分提取

将样品卷烟在温度(22±1)℃、相对湿度(60±2)%环境中平衡 48 h 并筛选后用 RM200A 转盘式吸烟机按照 GB/T 16450-2004 规定的条件进行卷烟抽吸实验, 记录实验过程中的抽吸口数和总颗粒物质量(total particulate matter, TPM), 并使用剑桥滤片(92 mm)捕集 20 支样品卷烟的主流

烟气颗粒物。捕集实验结束后, 滤片置于锥形瓶中, 然后加入 20 mL 甲基叔丁基醚萃取液以及 400 μL 脂肪酸甲酯混合内标(戊酸甲酯、壬酸甲酯、庚酸甲酯和十三酸甲酯), 150 r/min 振荡萃取 40 min 后过滤取样, 之后对提取液进行中心切割二维气相色谱-质谱分析。

## 1.4 颗粒物香味成分的中心切割二维气相色谱-质谱分析

第一维气相色谱条件: DB-5MS(30 m×0.25 mm×0.25 μm)毛细管色谱柱, 进样口温度: 250℃, 进样量: 3 μL, 分流模式: 不分流, 不分流时间: 1 min, 吹扫流量: 50 mL/min, 恒定流量: 1.9 mL/min。中心切割时间: 1 号切割为 5.1~10.0 min, 2 号切割为 10.0~16.6 min, 3 号切割为 16.6~23.5 min, 4 号切割为 23.5~30.5 min。第一维升温程序: 4 段中心切割的程序升温初始值均为 45℃(2 min), 之后以 6℃/min 的速率分别升温至 93℃(1 号切割), 132.6℃(2 号切割), 174℃(3 号切割)以及 216℃(4 号切割), 然后分别迅速降温至 60℃(1 号切割和 2 号切割)以及 80℃(3 号切割和 4 号切割)。

第二维气相色谱条件: DB-WAX(60 m×0.25 mm×0.25 μm)毛细管色谱柱, 恒定流量: 1.9 mL/min。第二维升温程序: 1 号切割以 4℃/min 的速率升至 180℃, 然后以 10℃/min 的速率升至 230℃(20 min); 2 号切割和 3 号切割均以 4℃/min 的速率升至 230℃(20 min); 4 号切割以 4℃/min 的速率升至 230℃(30 min)。

质谱条件: 传输线温度为 240℃, 离子源温度为 230℃, 四级杆温度为 150℃, 电离方式为 EI 源, 电离能量为 70 eV, 扫描方式为选择离子扫描(SIM), 质量扫描范围为 33~400 amu。

# 2 结果与讨论

## 2.1 梗丝掺配对卷烟抽吸过程的影响

对掺配不同比例梗丝的卷烟样品克重以及主流烟气收集过程中的抽吸口数和 TPM 进行测定, 以 1 号样品的测定结果为基准进行归一化处理, 结果见图 1。由图 1 可知, 随着梗丝掺配量的增加, 样品卷烟的单支克重、抽吸口数以及 TPM 均逐渐降低, 而图中 TPM 变化的曲线斜率最大, 表明随着梗丝掺配量的增加 TPM 变化最为明显。卷烟单支克重降低主要是由于梗丝的填充值比叶丝高, 导致在相同的吸阻条件下, 单支克重随着梗丝掺配量而降低。此外, 由于梗丝中的钾和纤维素含量比叶丝高<sup>[17]</sup>, 因而燃吸过程中的卷烟抽吸口数以及 TPM 也会随着梗丝掺配量的增加而降低。而梗丝中化学成分总量显著低于叶丝也是导致 TPM 变化显著的另一大原因<sup>[18]</sup>。上述这一变化趋势同时也表明在叶丝中掺配一定量的梗丝, 可以提高卷烟支的燃烧性, 从而实现卷烟降焦的效果<sup>[19]</sup>。

表 1 叶丝中梗丝掺配比例信息(质量比)

编号	掺配比例/%	
	叶丝	梗丝
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50

## 2.2 梗丝掺配对颗粒物碱性香味成分含量的影响

对掺配不同比例梗丝的卷烟样品的主流烟气颗粒物中 20 种碱性香味成分进行分析.由于不同配比的卷烟样品燃烧性差异很大,为了更好地揭示差异性,不同样品间的同一化学成分含量均以单位 TPM 为基准进行比较.为了更直观地进行比较,以下我们均以 1 号样品的测定结果为基准对所有样品的结果进行归一化处理<sup>[14]</sup>,结果见表 2.由表 2 可知,随着梗丝掺配量的增加,颗粒物的单位 TPM 中 2-甲基吡嗪、2,6-二甲基吡啶、2-乙基吡嗪、2-乙基吡啶、2-甲基吡啶、吡嗪、3-乙酰氧基吡啶的含量逐渐增加,这主要是由于梗丝中纤维素等细胞壁物质含量高,而美拉德反应与细胞壁物质等大分子相关性很高,使得 2-甲基吡嗪等美拉德反应产物含量随着梗丝掺配量的增加而增加<sup>[20]</sup>.而尼古丁、吡咯、2,5-二甲基吡啶、2,4-二甲基吡啶、3-甲基吡啶、4-甲基吡啶、吡啶、3-乙基吡啶、3-乙基吡啶、乙酰基吡咯、喹啉、3-甲基吡啶、吡啶的含量逐渐减少,这主要是由于像 2,5-二甲基吡啶等其他含氮杂环化合物主要来自于烟丝的这些物质直接在燃吸过程中转移而来<sup>[21]</sup>,而梗丝中这些化学成分的含量远低于叶丝,因而其含量逐渐减少.

表 2 掺配不同比例梗丝的卷烟样品主流烟气颗粒物中碱性香味成分含量变化

Tab.2 The alkaline aroma component change rate of particulate matter from mainstream smoke by using different additive proportion of cut stem

编号	香味成分	梗丝添加比例/%					
		0	10	20	30	40	50
1	2-甲基吡嗪	1.000	1.023	1.049	1.221	1.339	1.481
2	2,6-二甲基吡啶	1.000	1.049	1.070	1.114	1.143	1.217
3	2-乙基吡嗪	1.000	1.041	1.060	1.072	1.158	1.315
4	2-乙基吡啶	1.000	1.023	1.066	1.081	1.202	1.294
5	2-甲基吡啶	1.000	1.011	1.017	1.027	1.078	1.132
6	吡嗪	1.000	1.020	1.031	1.036	1.046	1.213
7	3-乙酰氧基吡啶	1.000	1.020	1.057	1.121	1.171	1.434
8	尼古丁	1.000	0.948	0.927	0.827	0.823	0.757
9	吡咯	1.000	0.903	0.873	0.854	0.835	0.812
10	2,5-二甲基吡啶	1.000	0.970	0.929	0.835	0.769	0.721
11	2,4-二甲基吡啶	1.000	0.949	0.916	0.893	0.748	0.593
12	3-甲基吡啶	1.000	0.865	0.803	0.671	0.668	0.660
13	4-甲基吡啶	1.000	0.846	0.748	0.634	0.647	0.638
14	吡啶	1.000	0.984	0.978	0.939	0.910	0.909
15	3-乙基吡啶	1.000	0.973	0.927	0.877	0.867	0.685
16	3-乙基吡啶	1.000	0.902	0.750	0.707	0.619	0.557
17	乙酰基吡咯	1.000	0.870	0.832	0.771	0.722	0.630
18	喹啉	1.000	0.810	0.745	0.667	0.646	0.640
19	3-甲基吡啶	1.000	0.834	0.779	0.691	0.676	0.624
20	吡啶	1.000	0.824	0.789	0.705	0.698	0.649

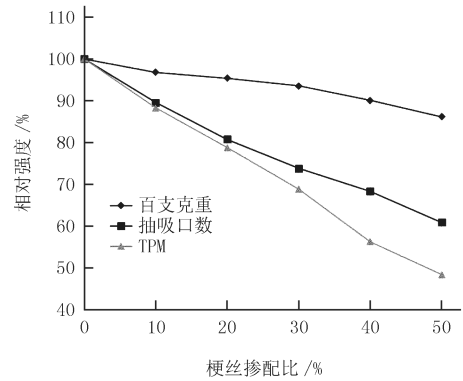


图 1 掺配不同量梗丝的卷烟克重以及主流烟气收集过程中抽吸口数和总颗粒物含量结果

Fig.1 The list of cigarette weight, puff number and total particulate matter from mainstream smoke by using different additive proportion of cut stem

### 2.3 梗丝掺配对粒相物中性香味成分含量的影响

对掺配不同比例梗丝的卷烟样品主流烟气粒相物中 43 种中性香味成分进行分析,由于不同配比的卷烟样品燃烧性差异很大,为了更好地揭示差异性,不同样品间的同一化学成分含量均以单位 TPM 为基准进行比较,结果见表 3.由表 3 可知,随着梗丝掺配量的增加,粒相物中  $\alpha$ -当归内酯、环戊酮、2-环戊烯-1-酮、2-甲基-2-环戊烯-1-酮、3-糠醛、2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮、丁香酚、异丁香酚、香兰素、5-羟甲基糠醛、4-乙烯基愈创木酚、糠醛、4-环戊烯-1,3-二酮、2-乙酰基呋喃、吡啶酮等 15 种中性香味成分含量逐渐增加,这主要是由于梗丝中木质素、纤维素、果胶等大分子含量较高,而烟气中的香兰素等主要来源于木质素的热解,2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮等主要来源于纤维素、果胶等大分子热解<sup>[20]</sup>,因而随着梗丝掺配量增加,这些成分含量也逐渐增加,而 2(5H)-呋喃酮、糠醇、2-环己烯-1-酮、苯乙烯、别罗勒烯、 $\beta$ -罗勒烯、月桂烯、呋喃酮、2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮(DDMP)、柠檬烯、3-甲基-2-环戊烯-1-酮、5-甲基糠醛、3-乙基-2-环戊烯-1-酮、甲基环戊烯醇酮、愈创木酚、苯甲醇、乙基环戊烯醇酮、麦芽酚、苯乙醇、1,2-环戊二酮、降茄二酮、茄酮、1-萜酮、新植二烯、巨豆三烯酮、二氢猕猴桃内酯、3-羟基- $\beta$ -二氢大马酮、3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇等 28 种中性香味成分含量逐渐减少,这主要是由于梗丝中萜烯类成分、多酚类成分、氨基酸、蛋白质以及巨豆三烯酮、苯甲醇、新植二烯等成分含量较低,因而在主流烟气中萜烯类成分、多酚类成分、氨基酸、蛋白质的降解产物以及巨豆三烯酮、苯甲醇、新植二烯等直接转移成分的含量逐渐减少<sup>[22-23]</sup>.

表 3 掺配不同比例梗丝的卷烟样品主流烟气粒相物的中性香味成分含量变化

Tab.3 Neutral aroma component change rate of particulate matter from mainstream smoke by using different additive proportion of cut stem

编号	香味成分	梗丝添加比例/%					
		0	10	20	30	40	50
1	$\alpha$ -当归内酯	1.000	1.013	1.066	1.072	1.094	1.150
2	环戊酮	1.000	1.020	1.041	1.174	1.194	1.240
3	2-环戊烯-1-酮	1.000	1.015	1.040	1.092	1.152	1.154
4	2-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.000	1.029	1.063	1.175	1.332	1.334
5	3-糠醛	1.000	1.040	1.067	1.130	1.225	1.412
6	2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮	1.000	1.012	1.018	1.045	1.056	1.184
7	丁香酚	1.000	1.052	1.059	1.080	1.216	1.426
8	异丁香酚	1.000	1.026	1.061	1.166	1.282	1.481
9	香兰素	1.000	1.059	1.102	1.135	1.213	1.451
10	5-羟甲基糠醛	1.000	1.037	1.067	1.081	1.109	1.315
11	4-乙烯基愈创木酚	1.000	1.012	1.036	1.046	1.065	1.080
12	糠醛	1.000	1.001	1.033	1.053	1.097	1.114
13	4-环戊烯-1,3-二酮	1.000	1.009	1.033	1.054	1.080	1.150
14	2-乙酰基呋喃	1.000	1.016	1.036	1.071	1.088	1.126
15	吡啶酮	1.000	1.021	1.046	1.092	1.138	1.169
16	2(5H)-呋喃酮	1.000	0.798	0.700	0.505	0.528	0.440
17	糠醇	1.000	0.950	0.902	0.745	0.662	0.590
18	2-环己烯-1-酮	1.000	0.938	0.927	0.866	0.808	0.773
19	苯乙烯	1.000	0.989	0.958	0.787	0.752	0.730
20	别罗勒烯	1.000	0.953	0.929	0.864	0.832	0.801
21	$\beta$ -罗勒烯	1.000	0.911	0.769	0.607	0.590	0.577
22	月桂烯	1.000	0.876	0.770	0.523	0.481	0.440
23	呋喃酮	1.000	0.930	0.855	0.724	0.687	0.618
24	DDMP	1.000	0.995	0.959	0.909	0.871	0.850
25	柠檬烯	1.000	0.895	0.822	0.765	0.689	0.593
26	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	1.000	0.960	0.949	0.920	0.898	0.862

续 表

编号	香味成分	梗丝添加比例/%					
		0	10	20	30	40	50
27	5-甲基糠醛	1.000	0.928	0.921	0.872	0.865	0.835
28	3-乙基-2-环戊烯-1-酮	1.000	0.897	0.867	0.840	0.826	0.788
29	甲基环戊烯醇酮	1.000	0.849	0.784	0.678	0.669	0.649
30	愈创木酚	1.000	0.961	0.949	0.938	0.925	0.915
31	苯甲醇	1.000	0.773	0.687	0.652	0.573	0.546
32	乙基环戊烯醇酮	1.000	0.962	0.935	0.887	0.863	0.813
33	麦芽酚	1.000	0.895	0.874	0.845	0.809	0.621
34	苯乙醇	1.000	0.753	0.718	0.526	0.501	0.461
35	1,2-环戊二酮	1.000	0.935	0.870	0.844	0.818	0.787
36	降茄二酮	1.000	0.773	0.741	0.638	0.607	0.575
37	茄酮	1.000	0.877	0.817	0.639	0.607	0.575
38	1-茛酮	1.000	0.988	0.918	0.888	0.849	0.825
39	新植二烯	1.000	0.884	0.854	0.804	0.741	0.690
40	巨豆三烯酮	1.000	0.846	0.822	0.673	0.646	0.479
41	二氢猕猴桃内酯	1.000	0.849	0.827	0.764	0.678	0.485
42	3-羟基- $\beta$ -二氢大马酮	1.000	0.865	0.828	0.744	0.610	0.601
43	3-氧代- $\alpha$ -紫罗兰醇	1.000	0.908	0.890	0.854	0.815	0.645

## 2.4 梗丝掺配对粒相物酸性香味成分含量的影响

对不同梗丝掺配比例的卷烟样品主流烟气颗粒物中 8 种酸性香味成分进行分析.由于不同配比的卷烟样品燃烧性差异很大,为了更好地揭示差异性,不同样品间的同一化学成分含量均以单位 TPM 为基准进行比较,结果见表 4.由表 4 可知,随着梗丝掺配量的增加,颗粒物中戊酸、巴豆酸、乙酸、丙酸、丙烯酸、异戊酸、丁酸、3-甲基戊酸这 8 种酸性香味成分含量逐渐减少.这主要是由于这些挥发性酸主要由烟丝中的这些物质直接在燃吸过程中转移产生<sup>[24]</sup>,而梗丝中的挥发性酸含量比叶丝低<sup>[25]</sup>,因此随着梗丝掺配量的增加,这些挥发性有机酸含量降低.

表 4 不同梗丝掺配比例的卷烟样品主流烟气颗粒物中酸性香味成分含量变化

Tab.4 Acidic aroma component change rate of particulate matter from mainstream smoke by using different additive proportion of cut stem

编号	香味成分	梗丝添加比例/%					
		0	10	20	30	40	50
1	戊酸	1.000	0.931	0.865	0.819	0.706	0.616
2	巴豆酸	1.000	0.985	0.949	0.948	0.943	0.904
3	乙酸	1.000	0.884	0.836	0.820	0.748	0.738
4	丙酸	1.000	0.909	0.892	0.845	0.817	0.790
5	丙烯酸	1.000	0.814	0.742	0.562	0.537	0.526
6	异戊酸	1.000	0.827	0.794	0.611	0.553	0.542
7	丁酸	1.000	0.865	0.861	0.770	0.703	0.691
8	3-甲基戊酸	1.000	0.870	0.842	0.761	0.708	0.671

## 3 结 论

本文控制在相同的吸阻条件下将掺配不同比例梗丝的叶丝样品卷制成卷烟样品,然后通过中心切割二维气质联用技术对主流烟气颗粒物中的香味成分进行了测定分析.研究发现,随着梗丝掺配量的增加,颗粒物中大部分香味成分的含量都逐渐降低.而由于梗丝中细胞壁物质、木质素、纤维素、果胶等含量高以及燃烧性好,使得 2-甲基吡嗪、香兰素、2,3-二甲基-2-环戊烯-1-酮等物质含量随着梗丝掺配量增加而逐渐增加.上述

结果同时也表明,虽然梗丝掺配可以有效降低焦油,但仍需针对性地进行加香来弥补卷烟烟气香味不足的问题。

## 参 考 文 献

- [1] 陈文,王存文,王光辉,等.反相高效液相色谱法测定不同烟叶中的游离氨基酸[J].化学分析计量,2007,16(1):14-16.
- [2] 邵干辉,袁庆钊,温东奇,等.国内国际品牌卷烟香味特征和致香成分比较分析[J].广东科技,2008,14(10):43-46.
- [3] 曾德芬,徐雪芹.烤烟化学成分与香气品质的关系研究[J].安徽农业科学,2012,40(35):17316-17318.
- [4] 郭东锋,姚忠达,汪季涛,等.烤烟烟叶常规化学成分与主流烟气成分的关系[J].烟草科技,2013,46(2):46-51.
- [5] 李维,汪军霞,周海云,等.气相色谱-质谱法测定卷烟主流烟气气相物质和粒相物质中组分含量[J].理化检验(化学分册),2013,49(12):1468-1474.
- [6] 程向红,周浩,王培锋,等.不同部位、不同产地梗丝与叶丝主流烟气成分的对比分析[J].农学学报,2014,4(5):74-77.
- [7] 田书霞,杨振民,胡林,等.卷烟主流烟气粒相物的电子鼻分析[J].中国烟草学报,2014,20(3):1-8.
- [8] 吴圣超,刘太昂,葛炯,等.化学成分-朴素贝叶斯分类算法的烟叶产地模式识别[J].河南师范大学学报,2018,52(46):77-83.
- [9] 杨国荣,李忠任,许健,等.卷烟减害降焦技术的研究进展[J].云南化工,2009,36(2):44-47.
- [10] 彭斌,李旭华,赵乐,等.“三丝”掺兑量对卷烟主流烟气有害成分释放量的影响[J].烟草科技,2011,44(11):40-43.
- [11] 张晓龙,毛春堂,侯战高,等.不同工艺的烟草提取物对烤后上部烟叶质量的影响[J].河南农业大学学报,2018,52(3):383-390.
- [12] 金哲,朴永革,黄树永,等.3种梗丝不同掺配比例对卷烟质量的影响[J].烟草科技,2012,45(12):5-8.
- [13] 李楠,王锡昌,郑富平.MAE-SAFE-GCGC/HR-TOFMS法鉴定熟制中华绒螯蟹挥发性风味成分[J].上海海洋大学学报,2017,26(4):629-639.
- [14] 余娜,盛科,孙谢坤,等.不同干燥强度下叶丝香味成分的主成分聚类分析[J].烟草科技,2016,49(2):29-35.
- [15] 王晔,孙文梁,苏庆德,等.溶剂萃取-中心切割多维色谱-质谱法测定烟草主要中性香味成分[J].烟草科技,2013,46(7):43-47.
- [16] 石国强,王少峰,王玉建,等.梗丝结构与卷烟吸阻的相关性探讨[J].江西农业学报,2009,21(8):145-146.
- [17] 王月侠,葛善礼,贾涛,等.烟梗化学组成的分析[J].烟草科技,1996,29(3):16-17.
- [18] 谢刚,王保兴,侯英,等.烤烟烟叶和烟梗的热裂解产物的研究[J].色谱,2006,24(6):606-610.
- [19] 钟仙芳,刘春波,陈永宽,等.烟叶的燃烧特性研究[J].安徽农业科学,2012,40(18):9868-9870.
- [20] 杨滢,周顺,王孝峰,等.不同结构烟草纤维素的燃烧热解特性[J].烟草科技,2017,50(5):38-44.
- [21] Ishiguro S,Sugawara S.Comparisons of N-containing compounds in the smoke of lamina and midrib cigarettes of flue-cured tobacco leaves[J].AgrBiolChem,1977,41(2):377-382.
- [22] Higman E B,Schmehz I,Schlottzhauser W S.Products from the thermal degradation of some naturally occurring materials[J].J Agr Food Chem,1970,18(4):636-639.
- [23] Yaylayan V A,Keyhani A.Origin of carbohydrate degradation products in L-Ahnine/D-[(13)C]glucose model systems[J].J Agr Food Chem,2000,48(6):2415-2419.
- [24] 彭艳,周冀衡,杨虹琦,等.不同部位烟叶和烟梗中主要挥发性、半挥发性有机酸的分析研究[J].湖南农业科学,2009,37(12):43-46.
- [25] 李炎强,胡有持,王癸,等.烤烟叶片与烟梗挥发性、半挥发性酸性成分的研究[J].中国烟草学报,2001,7(1):1-5.

## Influence of additive proportion of cut stem on the aroma components in mainstream cigarette smoke

Huang Zhi<sup>1</sup>, Tao Liqi<sup>1</sup>, Sha Yunfei<sup>1</sup>, Shi Shuo<sup>2</sup>, Wu Da<sup>1</sup>, Liu Baizhan<sup>1</sup>

(1.Shanghai Tobacco Group Co.,LTD,Shanghai 20082,China;

2.School of Chemical Science and Engineering,Tongji University,Shanghai 200082,China)

**Abstract:** In this paper, five different proportions of cut stem added in cut leaf samples were used to make cigarettes. Afterwards, aroma components of particulate matter from mainstream smoke of these samples were investigated by heart-cut 2D-GC/MS strategy. These results showed that the cigarette weight, puff number, total particulate matter and aroma components from mainstream smoke decreased with the increase of additive proportion of cut stem in cut leaf samples. Most of the aroma component content from mainstream smoke also decreased. However, because cut stem has good combustion and high content of macromolecular substances such as lignin, cellulose and pectin, the contents of maillard reaction products such as 2-methyl pyrazine, the lignin pyrolysis products such as vanillin and the pyrolysis products of cellulose, pectin and other macromolecular substance such as 2,3-dimethyl-2-cyclopenten-1-one were increased. These results indicated that the addition of cut stem would significantly reduce the tar in cigarettes, but it was essential to add incense or other substances in the tobacco leaf blend to make up the lack of aroma components.

**Keywords:** mainstream smoke; particulate matter; aroma components; cigarette; cut stem

[责任编辑 赵晓华]