

功能性香精添加前后 烟丝挥发性成分变化及对感官品质的影响

马骥^{1,2} 常宇², 付磊², 冯洪涛², 梅涌³ 毛多斌¹

- (1. 郑州轻工业学院 烟草科学与工程学院, 河南 郑州 450002;
2. 红云红河烟草(集团)有限责任公司 技术中心红河分中心, 云南 弥勒 652300;
3. 红塔烟草(集团)有限责任公司 技术中心, 云南 玉溪 653100)

摘要:采用气相色谱-质谱联用法对2类功能性香精的挥发性成分进行分析,探讨了香精在烟叶中添加前后的香味成分变化及对感官品质的影响.结果表明:香精加入烟叶后,其主要的香气化学成分总体上叠加入烟叶中;香精加入后烟叶内在感官品质明显提升,总体变化方向与香精功效相吻合.研究结果对卷烟的加料设计具有一定的指导意义.

关键词:烟丝;功能性香精;挥发性成分;感官品质

中图分类号:TS452.1

文献标志码:A

Changes of volatile components and effect on sensory qualities prior to and after application of functional flavors in cigarette

MA Ji^{1,2}, CHANG Yu², FU Lei², FENG Hong-tao², MEI Yong³, MAO Duo-bin¹

- (1. College of Tobacco Sci. and Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China;
2. Tech. Center Honghe Branch, Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Mile 652300, China;
3. Tech. Center, Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd., Yuxi 653100, China)

Abstract: The volatile components of two functional flavors were analyzed by gas chromatograph/mass spectrometer (GC/MS). Changes of sensory qualities and volatile components prior to and after applying functional flavors were identified. The results indicated that the contents of volatile components in tobacco increased after casing; sensory quality of tobacco was enhanced considerably after casing, the change trend as a whole was in keeping with flavor function. The research results may play an important role in casing design of tobacco.

Key words: cigarette; functional flavor; volatile component; sensory quality

0 引言

加香加料是卷烟加工技术中的一个重要环节,

其目的是弥补烟叶原料的吸食缺陷,改善烟叶原料品质.卷烟生产企业目前使用的香精基本上是由香精香料公司提供的,在产品维护与研发时,配方人

收稿日期:2011-09-23

作者简介:马骥(1982—),男,云南省开原市人,郑州轻工业学院硕士研究生,主要研究方向为香精香料.

通信作者:毛多斌(1962—),男,河南省南阳市人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为烟草化学.

员主要通过感官对香精香料的作用进行判别,工作繁重且带有一定的主观性.因此,能否通过分析功能性香精的挥发性成分,研究其对卷烟致香成分和感官品质的影响,找出它们的内在关系,以减小配方人员的工作量,协助配方人员进行产品的开发与维护,对卷烟配方设计有重要意义.

香精功能效果的研究基于烟叶品质,不同的叶组配方有不同的内在品质,香精在其基础上的应用效果也有所不同.文献[1-6]对国内外烟叶挥发性成分做了对比与分析;对香精研究,国内大多集中在制备、合成与应用等方面^[7-11].本文拟基于红河卷烟厂中部模块叶组配方和正在使用的2种具有增加香气和改善余味功能的香精,分析香精的挥发性成分并检测香精加入烟叶后挥发性成分的变化及对感官品质的影响,探讨香精添加对烟叶原料化学成分和感官品质的影响和相关性.

1 实验

1.1 实验材料与仪器

材料:中部模块烟叶样品和功能性香精A(增香)和B(改善余味),红河红河集团红河卷烟厂提供;二氯甲烷(分析纯重蒸),萘(标品,≥98%),均为汕头西陇化工股份有限公司产.

仪器:Agilent7890—5975气相色谱-质谱联用系统,美国Aglient公司产;同时蒸馏萃取装置,自制;R-215真空旋转蒸发器,瑞士BÜCHI公司产;电子分析天平AL204,梅特勒公司产,感量为0.0001g.

1.2 实验方法

1.2.1 香精挥发性成分和加料前后烟丝香味成分分析

1)香精样品前处理.分别称取香精A、B各5.0g,置于500mL烧瓶中,加入内标物(100μg/mL萘),放入同时蒸馏萃取装置中,采用二氯甲烷作为溶剂对香精进行连续动态萃取2h,所得提取物经干燥后浓缩定容至1.0mL,采用内标法定量.

2)加料前后烟丝前处理.分别称取加料前、后烟样各25.0g,置于500mL烧瓶中,加入内标物(100μg/mL萘),放入同时蒸馏萃取装置中,采用二氯甲烷作为溶剂对烟丝进行连续动态萃取2h,所得提取物经干燥后浓缩定容至1.0mL,采用内标法定量.

3)气相色谱-质谱联用法(GC/MS)分析条件.毛细管柱:HP-5MS(30m×0.25mm×0.25μm);进样口温度:240℃;载气:He,1mL/min;程序升温:50℃(1min)—8℃/min—160℃(2min)—8℃/min—260℃(15min);进样量:2μL;分流比:25:1;传输线温度:280℃;电离方式:EI;电离能量:70eV;离子源温度:230℃;四级杆温度:160℃;质量范围35~455aum.所得图谱经计算机谱库(NIST05)检索,并用内标校正归一化法计算各峰的相对含量.

1.2.2 样品制作 加料后把烟丝水分烘至12%左右,与未加料的烟丝在温度22℃,相对湿度60%的恒温恒湿箱中平衡水分48h,卷制成烟支并称量,选取质量为(0.88±0.02)g的烟支进行评吸.

1.2.3 感官品质评价 按国标GB/T 5606.4—2005《卷烟感官技术要求》对样品的感官品质进行评吸.

2 结果与讨论

2.1 香精样品挥发性成分对比分析

功能性香精A、B经同时蒸馏萃取后,通过GC/MS分析,结果见表1和表2.

由表可知,香精A的挥发和半挥发性成分共44个,香精B的挥发和半挥发性成分共33个.从定性结果看,2种香精都含有的成分为3-甲基丁酮、2-羟基丙醇、乙酸丁酯、糠醛、苯甲醛、苯乙醛、β-大马酮、香兰素、苯甲酸甲酯、巨豆三烯酮B、巨豆三烯酮D、棕榈酸甲酯、棕榈酸和棕榈酸乙酯,共14个化合物,不同的成分为香精A含1-羟基-2-丙酮、2-环戊烯-1,4-二酮、丙酸、2-乙酰基咪唑、2-吡啶基甲醛、β-萹烯、α-水芹烯等30个化合物;香精B含有面包酮、2-甲基丁酸、4-戊酮酸乙酯、丁香酚、丁内酯等19个化合物.从定量结果来看,共有成分中的3-甲基丁酮、苯甲醛和苯乙醛3个化合物在香精A的含量高于在香精B中的含量,而香精A中2-羟基丙醇、乙酸丁酯、糠醛、β-大马酮、香兰素、苯甲酸甲酯、巨豆三烯酮B、巨豆三烯酮D、棕榈酸甲酯、棕榈酸和棕榈酸乙酯11个化合物的含量低于在香精B中的含量.同时可以看出,香精B中检测到较高含量的丁二酸二乙酯,可能为该香精的溶剂;香精A中检测到含量较高的新植二烯、烟碱等成分,而香精B则不含,说明前者添加了

表1 香精A挥发性成分

保留时间/min	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	化合物名称	保留时间/min	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	化合物名称
2.16	1.342	3-甲基丁酮	9.59	11.752	烟酸甲酯
2.19	1.803	1-羟基-2-丙酮	10.71	2.289	α -松油醇
2.79	8.163	2-羟基丙醇	13.36	13.733	烟碱
3.70	0.254	乙酸丁酯	13.50	0.452	茄酮
3.99	2.455	糠醛	13.90	0.156	β -大马酮
4.71	5.651	丙酸	14.15	1.647	香兰素
4.77	0.408	2-环戊烯-1,4-二酮	14.20	0.685	十四烷
4.91	2.424	1,2-丙二醇乙酸酯	14.39	21.995	β -二氢大马酮
5.05	0.061	环己酮	14.94	0.123	苯甲酸甲酯
5.26	0.508	2-乙酰基呋喃	15.91	0.346	十五烷
6.00	0.259	5-甲基糠醇	16.62	0.173	二氢猕猴桃内酯
6.07	6.644	2-吡啶基甲醛	17.58	0.457	巨豆三烯酮B
6.21	0.217	5-甲基糠醛	17.99	0.777	十六烷
6.27	0.544	苯甲醛	18.50	0.445	巨豆三烯酮D
6.60	26.705	β -萜烯	19.88	0.842	十七烷
7.11	0.547	α -水芹烯	20.83	0.511	肉豆蔻酸
7.41	0.842	萜烷	21.55	1.307	十八烷
7.46	9.552	对异丙基甲苯	22.11	63.631	新植二烯
7.55	15.245	D-萜烯	22.52	1.119	1-十八烯
7.82	1.834	苯乙醛	23.38	5.322	棕榈酸甲酯
8.25	0.117	苯乙酮	23.92	16.703	棕榈酸
8.59	1.017	愈创木酚	24.31	4.488	棕榈酸乙酯

表2 香精B挥发性成分

保留时间/min	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	化合物名称	保留时间/min	含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	化合物名称
2.17	1.020	3-甲基丁酮	13.94	0.807	α -紫罗兰酮
2.79	11.852	2-羟基丙醇	14.16	17.051	香兰素
3.64	0.066	面包酮	14.70	12.432	苯甲酸
3.70	0.251	乙酸丁酯	14.94	0.824	苯甲酸甲酯
3.99	4.857	糠醛	17.58	3.045	巨豆三烯酮B
4.12	0.364	2-甲基丁酸	18.50	3.420	巨豆三烯酮D
6.27	0.132	苯甲醛	20.09	0.123	苯乙酸乙酯
6.75	5.662	4-戊酮酸乙酯	22.10	20.324	苯乙酸苯乙酯
7.11	0.481	丁香酚	23.14	1.198	十六酸
7.56	8.348	丁内酯	23.32	5.053	十六酸乙酯
7.65	13.576	丁二酸二乙酯	23.48	2.558	棕榈酸甲酯
7.72	8.214	苯甲醇	23.78	0.614	亚油酸甲酯
7.82	0.756	苯乙醛	23.87	19.884	棕榈酸
8.25	0.312	呋喃酮	24.33	6.488	棕榈酸乙酯
9.12	10.463	苯乙醇	25.07	13.046	寸拜醇
10.65	0.390	乙基麦芽酚	26.74	0.661	9,12,15-十八碳三烯酸乙酯
13.80	2.368	β -大马酮			

烟草提取物一类的物质,而后者没有添加。

2.2 加料前后烟叶挥发性成分变化分析

2.2.1 加料前后烟叶挥发性成分分析 将加料前

烟叶对照样品和添加香精A后得到烟叶样品A[#]、添加香精B后得到烟叶样品B[#]进行同时蒸馏萃取后,采用GC/MS定性定量分析方法得出检测结果(见

表3). 检测结果中除标样外共测得挥发性化合物52种. 对比表1、表3可以发现, 香精A样、烟叶A[#]样与对照样这3个样品中共同检测出的挥发性化合物有糠醛、2-环戊烯-1,4-二酮、2-乙酰基呋喃、2-吡啶基甲醛、5-甲基糠醛、苯甲醛、苯乙醛、烟碱、茄酮、 β -大马酮、二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮B、巨豆三烯酮D、肉豆蔻酸、新植二烯、棕榈酸甲酯、棕榈酸, 共17个化合物. 由表3可以看出, 加香后样品A[#]与对照样比较, 上述17种化合物含量有了不同程度的增加, 其中糠醛、5-甲基糠醛、 β -大马酮、巨豆三烯酮D、棕榈酸甲酯的含量在卷烟这样A[#]中的增加不明显(增加量<10%); 2-环戊烯-1,4-二酮、2-乙酰基呋喃、苯甲醛、烟碱、茄酮、巨豆三烯酮B的含量在卷烟样A[#]中增加明显(10%<增加量<20%); 2-吡啶基甲醛、苯乙醛、二氢猕猴桃内酯、肉豆蔻酸、新植二烯、棕榈酸的含量在卷烟样A[#]中

增加显著(增加量>20%); 而香精A中其他27个化合物在加料后的烟叶样品A[#]中未检测出.

对比表2、表3可以发现, 香精B样、烟叶B[#]样与对照样这3个样品中共同检测出的挥发性化合物有糠醛、苯甲醛、苯甲醇、苯乙醛、苯乙醇、 β -大马酮、巨豆三烯酮B、巨豆三烯酮D、棕榈酸甲酯、棕榈酸, 共10个化合物. 由表3可以看出, 加香后样品B[#]与对照样比较, 上述10个化合物含量有了不同程度的增加, 其中苯甲醇、苯乙醛含量不变(增加量<5%); 苯甲醛、巨豆三烯酮B、棕榈酸甲酯含量增加不明显(增加量<10%); 糠醛、 β -大马酮、巨豆三烯酮D含量明显增加(10%<增加量<20%); 苯乙醇、棕榈酸含量显著增加(增加量>20%); 而香精B中其他21个化合物在加料后的烟叶样品B[#]未检测出.

香精A加料后基本符合加料物质叠加规律; 香

表3 加料前后烟叶挥发性成分

化合物名称	浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)			化合物名称	浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)		
	对照样	烟叶A [#]	烟叶B [#]		对照样	烟叶A [#]	烟叶B [#]
1-戊烯-3-酮	0.781	0.747	0.512	藏花醛	0.053	0.064	0.127
3-甲基-1-丁醇	0.030	0.023	0.028	2,3-二氢-苯并呋喃	0.031	0.169	0.107
吡啶	0.148	0.132	0.193	壬酸	0.085	0.107	0.477
3-甲基-2-丁烯醛	0.103	0.084	0.090	吡啶	0.447	0.503	0.541
己醛	0.069	0.116	0.086	2-甲氧基-4-乙炔基苯酚	0.941	1.007	0.912
面包酮	0.231	0.236	0.272	烟碱	74.957	83.609	63.674
糠醛	1.866	1.862	2.225	茄酮	7.547	8.649	8.489
糠醇	0.271	0.410	0.584	β -大马酮	3.358	3.418	3.900
2-环戊烯-1,4-二酮	0.930	1.025	1.162	去氢去甲基烟碱	0.173	0.234	0.172
2-乙酰基呋喃	0.178	0.210	0.233	香叶基丙酮	1.033	1.048	1.160
2-吡啶基甲醛	0.180	0.226	0.288	二氢猕猴桃内酯	1.354	1.783	1.358
5-甲基糠醛	0.081	0.087	0.105	巨豆三烯酮A	1.155	1.670	1.276
苯甲醛	0.128	0.143	0.133	巨豆三烯酮B	4.118	4.740	4.492
6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.189	0.174	0.122	巨豆三烯酮C	1.412	1.805	1.557
(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.267	0.265	0.075	巨豆三烯酮D	5.186	5.518	6.106
4-吡啶甲醛	0.149	0.194	0.117	肉豆蔻酸甲酯	0.542	0.706	0.463
1H-吡咯-2-甲醛	0.153	0.156	0.103	肉豆蔻酸	1.661	2.515	2.617
(E,E)-2,4-庚二烯醛	0.351	0.416	0.155	岩兰酮	3.651	3.621	2.121
苯甲醇	1.376	1.580	1.154	新植二烯	122.875	153.965	124.523
苯乙醛	0.161	0.203	0.103	十五酸	1.411	1.667	1.817
1-(1H-吡咯-2-基)-乙酮	0.570	0.381	0.872	金合欢基丙酮	7.746	7.825	7.285
4-甲基-苯酚	0.083	0.068	0.072	棕榈酸甲酯	11.361	11.975	11.870
芳樟醇	0.195	0.230	0.239	棕榈酸	37.149	51.472	68.97
壬醛	0.181	0.225	0.096	寸拜醇	11.543	12.198	12.306
苯乙醇	0.278	0.298	0.636	亚麻酸甲酯	16.308	12.597	14.236
氧化异佛尔酮	0.115	0.087	0.069	西柏三烯二醇	5.482	5.214	6.376

精 B 加料后物质叠加规律不明显,原因可能是与香精的施加量有关. 香精 A 和香精 B 中部分含量较高的化合物在加料后的烟叶样品中未检测到,可能是在加料后烟丝烘烤时,在高温下部分化学物质发生了挥发和转化.

2.2.2 加料前后化合物类别及新植二烯数据统计分析 按化合物类别及新植二烯数据统计分析结果见表 4. 由表 4 可以看出,挥发性化合物主要分为醇、酮、醛、酚、酯、酸、杂环类化合物 7 个类别和新植二烯这一含量大、作用显著的化合物. 烟叶 A[#]样品在酯类总量上低于对照样,而醇、酮、醛、酚、酸、杂环类化合物和新植二烯含量均高于对照样品,其中酮类、醇类、酸类、新植二烯的增加量较未加料前的对照样明显;B[#]样品在酯类总量上低于对照样,而醛类、酚类和新植二烯含量在加料前后几乎无变化,醇类总量加料后变化不明显,酸类总量加料后显著增加.

烟叶 A[#]样品与 B[#]样品比较,A[#]在酮类、醛类、醇类、酚类、新植二烯含量上高于 B[#]样,其中新植二烯含量显著高于 B[#]样;B[#]样品在酸类、酯类、杂环类化合物总量上高于 A[#]样品,其中酸类化合物总量显著高于 A[#]样.

表 4 化合物类别总计

化合物名称	浓度/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)		
	对照样	A [#] 样	B [#] 样
酮类	38.030	41.749	39.394
醛类	3.594	3.890	3.538
醇类	18.906	21.545	20.742
酸类	40.309	55.761	73.883
酯类	31.761	29.228	30.012
杂环类	1.076	1.426	1.658
酚类	1.104	1.156	1.052
新植二烯	122.875	153.965	124.523

2.3 中部模块烟叶以及加料样品感官评价

加料前后红河中部模块烟叶的感官品质评吸结果,见表 5. 由表 5 可知,添加香精 A 后,样品的烟气浓度和烟气的圆润性增加,香气的丰满度、厚实感和香气质都有提升,香精 A 能明显改善香气质感. 添加香精 B 后,样品的烟气圆润性提高,鼻腔和口腔刺激性明显下降,口腔舒适性有明显改善,香精 B 能明显改善烟气和余味的舒适性.

2.4 加料后挥发性成分与感官品质的相关性分析

2.4.1 A[#]样挥发性成分对感官品质的影响

表 5 加料样品感官品质对比评吸结果

卷烟样品	评吸结果
中部模块	烟气浓度中;香气量中高,较丰富;烟气细腻柔和度中,飘逸,透发性较好,厚实性较好;烟气较谐调,劲头适中,无杂气;鼻腔刺激低到中,尖刺,舌面收敛,舌面有叮刺感;余味较干净,有生津回甜感
添加 A 后	烟气浓度增加,香气丰满度、厚实感增加、饱满度提高,烟气细腻性和柔和度有提升、圆润性有改善,舌面叮刺感减轻,其他指标无明显变化
添加 B 后	烟气圆润舒适,鼻腔和口腔刺激得到明显改善,口腔舒适性提高,生津感有一定程度的提高,其他指标无明显变化

3 可以看出,烟叶 A[#]样挥发性成分中新植二烯、茄酮、肉豆蔻酸、棕榈酸含量在加料后显著增加. 新植二烯在挥发性成分检测结果中含量最高,同时又是重要的致香物质,新植二烯提高了 A[#]样的烟气浓度和烟气圆润性,增加了香气的饱满度和丰富性;茄酮虽然在加料后增加量相对小于以上 2 种化合物,但茄酮能够醇和烟香,增加烟草本香提高香气质感^[12];肉豆蔻酸能增强烟草的椰子样香味,改善烟气的粗略感^[13],分析结果与功能性香精 A 增加烟香丰富性、提高香气质的功效相符.

从挥发性物质总类上分析,加料后 A[#]样品除在酯类物质总量上低于对照样外,其他挥发性物质总量均高于未加料样品,其中酮类、醇类、酸类、新植二烯的增加量较为明显;酮类、醇类、新植二烯物质具有增加香气、改善烟气和香气质感的作用,酸类物质能起到改善吸味、醇和烟香的作用,致使 A[#]样在加料后香气方面有较好的改进.

2.4.2 B[#]样挥发性成分对感官品质的影响

由表 3 可以看出,烟叶 B[#]样挥发性成分中糠醛、 β -大马酮、巨豆三烯酮 D、棕榈酸、苯乙醇含量在加料后显著增加,糠醛能使卷烟增加甜香; β -大马酮能使卷烟香气甜醇,改善烟气质感;巨豆三烯酮能增强烟香,改善吸味,调和烟气,减少刺激;苯乙醇可以增加细柔度、改善烟气质感,苯乙酸苯乙酯可以增加蜜甜香气^[13];分析结果与功能性香精 B 改善烟气质感和提高烟气圆润性及提高余味舒适性的功效基本相符.

从挥发性物质总类上分析,加料后 B[#]样的酯类物质总量、醇类挥发性物质总量有所增加,挥发性酸类物质总量增加明显,挥发性酸同上所述,能起到改善吸味、醇和烟香的作用.

2.4.3 A[#]样与 B[#]样感官品质和挥发性成分对比分析 通过分析和感官评价结果可看出, A[#]样在加料后酮类、醇类、酸类、烟碱、新植二烯含量明显增加, 这些挥发性物质中大部分是重要致香成分, 这些成分使 A[#]样在香气质、香气浓度、烟气圆润性等感官指标上有了明显改善; 而 B[#]样在加料后醇、酮、酸、杂环类总量增加, 其中酸类总量显著增加, 致使 B[#]样在降低刺激、改善烟气舒适度和余味上, 有明显的效果。

3 结论

本文采用气相色谱-质谱联用法对 2 类功能性香精的挥发性成分进行分析, 并对香精在烟叶中添加前后的香味成分及感官品质进行对比分析, 得出以下主要结论。

1) 香精添加到烟叶后, 烟叶 A[#]样品中检测出 17 个叠加成分, 其中, 2-环戊烯-1,4-二酮、2-乙酰基呋喃、苯甲醛、烟碱、茄酮、巨豆三烯酮 B、2-吡啶基甲醛、苯乙醛、二氢猕猴桃内酯、肉豆蔻酸、新植二烯、棕榈酸 12 个重要致香成分的含量明显或者显著增加; 烟叶 B[#]样品中检测出 10 个叠加成分, 其中糠醛、 β -大马酮、巨豆三烯酮 D、苯乙醇、棕榈酸 5 个重要致香成分的含量明显或者显著增加。

2) 通过对 A[#], B[#]烟叶样品进行感官评吸, 可知 2 个样品的感官品质都有了明显的提升, 说明叠加入烟叶的致香成分对感官品质有正面的贡献, 且不同化学成分对卷烟品质的贡献不同。A 香精通过在加料后香味物质的叠加而提高卷烟的香气品质, 香精 B 不是通过加料后物质叠加而发挥作用, 而是通过补充而得到改善。

3) 香精中主要挥发性成分在加料后转移到烟丝中的量与加料时施加香精的量有关; 香精中部分含量相对较高的挥发性物质, 会在加料后高温烘丝时发生挥发和转化, 以致检测不到。

以上研究表明, 通过检测香精主要挥发性化学成分、叶组挥发性化学成分及变化, 能大致推测出加料后叶组所能达到的感官效果, 从而在加料配方

设计时, 根据叶组配方化学成分, 有针对性地选择相应的香精。同时香精中所含有的主要挥发性成分与加料后感官品质的表现有一定的相关性, 可通过对香精挥发性成分的检测, 找出其含有的主要挥发性物质, 推测其使用功效, 结合感官评吸结果, 科学地选择使用范围, 为卷烟产品维护与开发研究提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 谢剑平, 赵明月, 吴鸣, 等. 白肋烟重要香味物质组成的研究[J]. 烟草科技, 2002(10):3.
- [2] 吴鸣, 赵明月, 赵晓东, 等. 几种国内外混合型卷烟烟丝中香味物质的分析比较[J]. 中国烟草学报, 2002(4):1.
- [3] 金玉善, 崔月, 崔龙吉. 不同地区烟叶中挥发性成分的分析[J]. 延边大学学报, 2011(2):21.
- [4] 杨蕾, 杨清, 李勇. 基于烟叶挥发性成分分析的卷烟叶组配方设计[J]. 烟草科技, 2010(8):10.
- [5] 韩智强, 范多青, 王海涛, 等. 烤烟烟气化学成分与吸味品质的关系研究[J]. 云南烟草, 2004(2):34.
- [6] 李志华, 王建民, 田玉红, 等. 不同地区烟叶浸膏中挥发性成分的对比如分析[J]. 郑州轻工业学院学报:自然科学版, 2010, 25(2):6.
- [7] 王耀. 香精香料在卷烟配方中的运用[J]. 科学资讯, 2009(15):72.
- [8] 杨蕾, 杨清, 冯洪涛, 等. 影响卷烟烟气柔和性的主要化学成分分析及柔和性功能香精的开发[J]. 烟草科技, 2011(7):5.
- [9] 姬小明, 刘乐, 赵铭钦, 等. 异戊酰基呋喃木糖的合成及其卷烟加香效应[J]. 精细化工, 2011(4):12.
- [10] 杨蕾, 杨清, 李勇, 等. 红河卷烟产品香精配方设计中单体香料的应用[J]. 中国烟草学报, 2011(1):32.
- [11] 郭正, 吕建明. 烟用香精中烷基吡嗪类化合物的合成与应用[J]. 烟草科技, 1996(3):4.
- [12] 许戈文, 李布青. 合成香料技术手册[M]. 北京: 中国商业出版社, 1996:13-131.
- [13] 谢剑平. 烟草香原料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009:110-386.