



陈芝飞,蔡莉莉,陈小龙,等. 基于香韵活性值的不同产地中间香型烤烟风格特征差异分析[J]. 轻工学报, 2022, 37(1): 79–86.
CHEN Z F, CAI L L, CHEN X L, et al. Study on the style characteristics differences of intermediate flavor flue-cured tobacco leaves of different producing areas based on activity values of aroma notes [J]. Journal of Light Industry, 2022, 37(1): 79–86. DOI: 10. 12187/2022. 01. 011

基于香韵活性值的不同产地中间香型烤烟风格特征差异分析

陈芝飞,蔡莉莉,陈小龙,张玉霞,马胜涛,席高磊,王清福,张俊岭

河南中烟工业有限责任公司 技术中心,河南 郑州 450016

摘要:为阐明中间香型烤烟的风格特征差异,以 3 种产地(重庆、遵义和牡丹江)C3F 中间香型烤烟烟叶为研究对象,采用 GC-MS 法测定烟叶主流烟气中 96 种重要香气成分释放量,计算其香气活性值,并根据香韵归属获得 10 种香韵的活性值,经对比分析揭示 3 种中间香型烤烟的香韵特点。结果表明:3 种中间香型烤烟主流烟气粒相物中 96 种香气成分的总释放量分别为 1 255. 251 $\mu\text{g/g}$ 、856. 274 $\mu\text{g/g}$ 和 967. 670 $\mu\text{g/g}$,其中乙酸释放量最高,十六酸和油酸次之;10 种香韵中,酸香和脂蜡香的香气成分释放量最高。坚果香和甜香为 3 种中间香型烤烟的主体香韵,其次为清香和烤甜香香韵;3 种产地 C3F 中间香型烤烟中,重庆的膏香最为突出,遵义的清香和果香最为突出,牡丹江的甜香和坚果香最为突出。

关键词:中间香型烟叶;风格特征;香气成分;作用阈值;香韵活性值

中图分类号:TS41⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2022)01-0079-08

0 引言

烤烟香型是烟叶经燃吸产生的烟气整体香气特征的综合概况,是烟叶化学物质基础在烟气特征上的体现。根据香气特征,烤烟香型可分为清香型、浓香型和中间香型^[1]。其中,中间香型界于清香型与浓香型之间,是清香和浓香的混合香气。贵州、重庆、东北等地区的烤烟属中间香型。受生态条件、烟叶品种、栽培技术等因素的影响,不同产地的中间香型烤烟风格特征存在不同程度差异^[2]。目前,主要采用感官评吸的方法区分烤烟风格特征差异^[3],但其结果容易受评价环境、个人经验等因素影响。为

了更加客观、准确地表征烤烟风格特征差异,烟草科技工作者长期以来围绕化学成分与风格特征之间的关系开展了大量研究^[4-7]。这些研究主要依据各化学成分在体系中的含量去探寻烤烟香型风格差异的形成原因。然而,化学成分对烤烟香型风格的贡献不仅仅取决于其含量,更与其自身在卷烟中的作用阈值密切相关,因此须从含量和作用阈值两个维度综合判定其差异性。

香气活性值(活性阈值)是指香气成分在主流烟气中的释放量与其作用阈值的比值,可用于衡量香气成分对卷烟主流烟气的贡献度^[8-11]。将烟气中具有同一香韵香气成分的香气活性值进行加和,获

收稿日期:2021-05-21

基金项目:中国烟草总公司重点项目(110201402033);河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(HNZY012012345)

作者简介:陈芝飞(1979—),男,浙江省苍南县人,河南中烟工业有限责任公司研究员,主要研究方向为香精香料和烟草化学。
E-mail:chenzhifei@126.com

通信作者:张俊岭(1969—),男,河南省许昌市人,河南中烟工业有限责任公司高级工程师,主要研究方向为烟草工程。
E-mail:zjl526@126.com

得香韵活性值并进行比对分析,可区分同一香型烟叶风格特征差异^[11]。文献[8-10]已利用活性值分别研究了酸性、碱性和中性香气成分在卷烟烟气中的作用,文献[11]分析了浓香型烟叶香气特征差异,但不同产地中间香型烤烟的风格特征差异迄今未见文献报道。基于此,本文拟以重庆、遵义和牡丹江 3 种产地 C3F 中间香型烤烟烟叶为研究对象,利用香韵活性值表征不同产地中间香型烤烟之间风格特征差异,旨在为细化中间香型烤烟应用功能、提升卷烟叶组配方设计高效性提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

主要材料:黄金叶品牌参比卷烟(未加香料)、2015 年重庆、遵义、牡丹江 3 种不同产地 C3F 中间香型烤烟烟叶(以下称为 3 种中间香型烟叶),按照黄金叶品牌参比卷烟时使用的辅材和加工工艺、烟支参数卷制成卷烟。

主要试剂:氢氧化钠、盐酸、无水硫酸钠、二氯甲烷、无水乙醇,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司产。

标样:按照文献[11]中的方法配制酸性香气成分标样(35 种香气成分,反-2-己烯酸为内标)、碱性香气成分标样(29 种香气成分,硝基苯为内标)、中性

香气成分标样(32 种香气成分,2,6-二氯甲苯为内标),以上 96 种香气成分和内标的纯度均大于 99%,美国 Sigma 公司产。

主要仪器:Agilent 6890/5973N 气相色谱质谱(GC-MS)联用仪,美国 Agilent 公司产;Waters 600 半制备型高效液相色谱仪,沃特世科技上海有限公司产;RM20H 转盘式吸烟机,德国 Borgwaldt KC 公司产;BS-224S 电子天平(感量 0.000 1 g),上海赛多利斯天平仪器厂产;同时蒸馏萃取装置,上海化科实验器材有限公司产;CIJECTOR 香精注射机,德国 Burghart 公司产。

1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理 按照文献[12]的方法,获得含有主流烟气粒相物的剑桥滤片。参照文献[8-10]的前处理方法,对剑桥滤片进行样品前处理(流程如图 1 所示),以获得酸性、碱性和中性香气成分。其中,碱性香气成分直接利用 GC-MS 进行分析;酸性香气成分在用 GC-MS 分析前需进行衍生化,衍生化的条件为在 1.0 mL 酸性香气成分中加入 100 μL 衍生化试剂 N,O-双(三甲基硅基)三氟乙酰胺,在 60 ℃ 条件下反应 50 min;中性香气成分按照文献[13]利用半制备高效液相色谱进行再次分离、浓缩后用 GC-MS 进行分析。

1.2.2 GC-MS 分析条件 1)酸性香气成分分析条

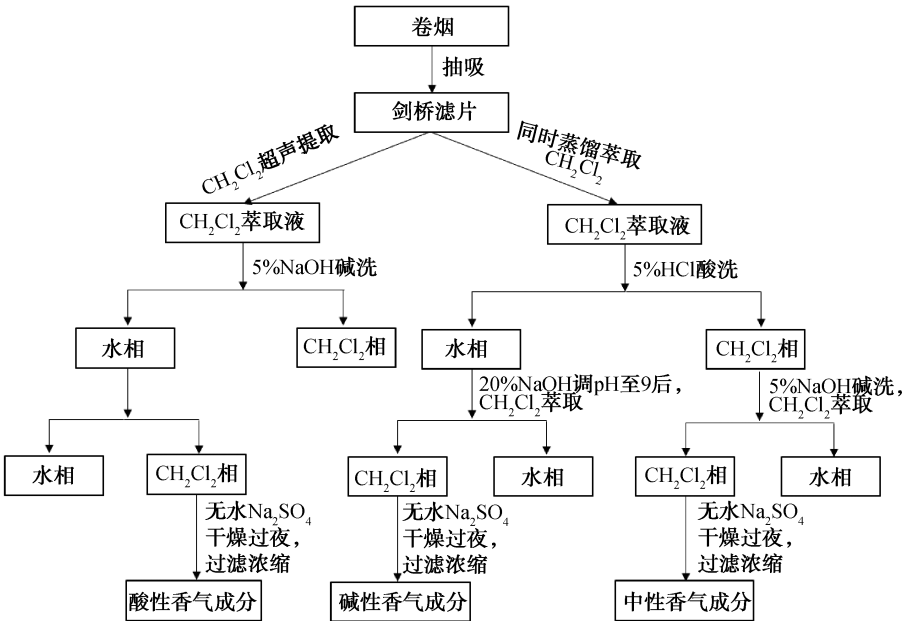


图 1 样品前处理流程图

Fig. 1 Flow chart of sample preparation

件。GC 分析条件:DB-5MS 石英毛细管色谱柱(60 m×250 μm×0.25 μm);进样口温度为 230 ℃;载气为氦气(≥99.999%),流量为 1.0 mL/min;进样量为 1 μL,分流比为 3:1;升温程序为初始温度 40 ℃,保持 3 min,以 4 ℃/min 升至 100 ℃,保持 5 min,以 5 ℃/min 升至 150 ℃,保持 8 min,以 4 ℃/min 升至 230 ℃。

MS 分析条件:传输线温度为 230 ℃;离子源温度为 230 ℃;四极杆温度为 150 ℃;电离方式为电子轰击(EI);电离能量为 70 eV;溶剂延迟时间为 8 min;扫描模式采用全扫描检测,扫描范围为 35~500 amu,定量时采用选择离子监测(SIM)。

2)碱性香气成分分析条件。GC 分析条件:DB-FFAP 石英毛细管色谱柱(60 m×250 μm×0.25 μm);进样口温度为 200 ℃;载气为氦气(≥99.999%),流量为 1.0 mL/min;进样量 1 μL,分流比为 2:1;升温程序为初始温度 50 ℃,保持 2 min,以 3 ℃/min 升至 75 ℃,保持 10 min,以 1 ℃/min 升至 105 ℃,保持 15 min,以 2 ℃/min 升至 170 ℃,保持 10 min,以 2 ℃/min 升至 200 ℃,保持 10 min。

MS 分析条件:传输线温度为 200 ℃,溶剂延迟时间为 10 min,其余条件同酸性成分 MS 分析条件。

3)中性香气成分分析条件。GC 分析条件:HP-5MS 石英毛细管色谱柱(30 m×250 μm×0.25 μm);进样口温度为 240 ℃;载气为氦气(≥99.999%),流量为 1.0 mL/min;进样量 1 μL,分流比为 2:1;升温程序为初始温度 50 ℃,保持 4 min,以 3 ℃/min 升至 70 ℃,保持 5 min,以 2 ℃/min 升至 100 ℃,保持 10 min,以 2 ℃/min 升至 140 ℃,以 3 ℃/min 升至 170 ℃,以 2 ℃/min 升至 240 ℃。

MS 分析条件:传输线温度为 240 ℃,其余条件同酸性成分 MS 分析条件。

1.2.3 定性分析方法 利用 NIST 质谱数据库进行检索。采用标样保留时间、目标物质谱图与标准谱图匹配度相结合进行定性分析。

1.2.4 定量分析方法 将 96 种香气成分分成酸性、碱性、中性三组,分别用二氯甲烷将其配制成 7 个不同质量浓度的混标,再以反-2-己烯酸、硝基苯和 2,6-二氯甲苯作为内标进行 GC-MS 分析,建立

相应的标准工作曲线。96 种香气成分的保留时间和特征离子见表 1,采用内标法对香气成分进行定量分析。

1.2.5 活性值计算方法 香气活性值:按照香气活性值定义,根据香气成分的作用阈值及其在卷烟主流烟气粒相物中的释放量,按公式①计算香气成分的香气活性值。

$$\text{香气活性值} = \frac{\text{主流烟气中香气成分的释放量}}{\text{香气成分的作用阈值}} \quad \text{①}$$

香韵活性值:将属于同一香韵的香气成分的香气活性值进行相加,计算获得该香韵的活性值。

2 结果与讨论

2.1 香韵活性值计算结果

根据香气成分在卷烟抽吸过程中呈现的主要香韵^[15],将 96 种香气成分进行香韵归类为 10 种香韵,根据各香气成分的释放量和作用阈值计算其香气活性值,结果如表 2 所示。由表 2 可知,3 种中间香型烟叶的主流烟气粒相物中 96 种香气成分的总释放量分别为 1 255.251 μg/g、856.274 μg/g 和 967.670 μg/g,其中乙酸释放量最高,十六酸和油酸次之。10 种香韵中,酸香和脂蜡香的香气成分释放量最高,果香的香气成分释放量最低。计算 10 种香韵的活性值,结果如表 3 所示。从表 3 可以看出,对于 3 种中间香型烤烟,坚果香和甜香均为其主体香韵,其次为清香和烤甜香香韵。

2.2 烤烟风格特征差异分析

基于 3 种中间香型烤烟的 10 种香韵活性值,即可对其风格特征差异进行分析。对 10 种香韵活性值取常用对数并作雷达图进行分析,结果见图 2。从图 2 可以看出,相对而言,重庆 C3F 的膏香最为突出,遵义 C3F 的清香和果香最为突出,牡丹江 C3F 的甜香、坚果香最为突出。3 种中间香型烤烟中,重庆 C3F 与遵义 C3F 的整体风格特征较为接近,而牡丹江 C3F 与上述两者之间的坚果香、甜香和花香香韵的活性阈值均存在较大差异。这可能是因为气候、土壤、地形地貌等生态条件会对烤烟香型风格产生影响^[16],重庆与遵义的生态条件接近,但与牡丹江存在显著差别。此外,烤烟品种和种植栽

表 1 96 种香气成分的保留时间和特征离子
Table 1 Retention times and characteristic ions of 96 aroma components

类别	序号	保留时间/ min	化合物名称	特征离子	序号	保留时间/ min	化合物名称	特征离子
酸性香气 成分	1	12.73	乙酸	43, 60	19	45.89	丁二酸	147, 247
	2	14.35	丙酸	75, 117	20	49.45	壬酸	73, 215
	3	15.80	异丁酸	73, 159	21	53.21	癸酸	73, 229
	4	17.88	丁酸	75, 131	22	53.94	3-苯丙酸	104, 207
	5	19.69	2-甲基丁酸	73, 159	23	56.21	9-癸烯酸	117, 227
	6	20.27	异戊酸	73, 159	24	62.36	肉桂酸	131, 205
	7	22.84	戊酸	75, 159	25	62.64	10-十一烯酸	117, 241
	8	26.26	2-戊烯酸	113, 157	26	63.30	十一酸	117, 243
	9	25.39	4-甲基愈创木酚	123, 138	27	70.08	月桂酸	117, 257
	10	26.38	3-甲基戊酸	75, 173	28	70.31	4-甲基肉桂酸	145, 219
	11	26.79	异己酸	75, 173	29	72.49	十三酸	117, 271
	12	27.47	反-2,3-二甲基丙烯酸	75, 157	30	74.47	十四酸	117, 285
	13	28.05	麦芽酚	71, 126	31	78.27	十五酸	117, 299
	14	29.09	己酸	75, 173	32	82.05	十六酸	117, 313
	15	35.93	庚酸	60, 87	33	86.71	油酸	117, 339
	16	36.74	乙基麦芽酚	125, 140	34	87.27	十八酸	117, 341
	17	41.81	苯甲酸	105, 179	35	96.34	二十二酸	117, 397
	18	42.77	辛酸	75, 201				
碱性香气 成分	1	16.41	2-甲基吡啶	66, 93	16	33.34	2-乙烯基吡啶	79, 105
	2	18.20	2,6-二甲基吡啶	107, 106	17	35.63	2-甲基-5-乙基吡啶	106, 121
	3	19.78	2-甲基吡嗪	67, 94	18	39.62	3,5-二甲基吡啶	79, 107
	4	20.80	2-乙基吡啶	79, 106	19	40.09	3-乙烯基吡啶	51, 105
	5	22.06	3-甲基吡啶	66, 93	20	42.92	2,3,5-三甲基吡啶	79, 121
	6	24.34	2,5-二甲基吡嗪	42, 108	21	50.11	3-丁基吡啶	106, 120
	7	24.69	2,5-二甲基吡啶	79, 107	22	53.83	2-乙酰基吡啶	79, 121
	8	24.78	2,6-二甲基吡嗪	42, 108	23	68.73	4-甲基-2-乙酰基吡啶	93, 135
	9	25.36	2-乙基吡嗪	107, 108	24	79.46	4-乙酰基吡啶	78, 121
	10	25.80	2,4-二甲基吡啶	106, 107	25	82.30	3-乙酰基吡啶	106, 121
	11	26.60	2,3-二甲基吡嗪	67, 108	26	97.20	6-甲基喹啉	115, 143
	12	27.94	2,3-二甲基吡啶	107, 106	27	99.98	8-甲基喹啉	142, 143
	13	29.84	3-乙基吡啶	92, 107	28	100.45	3-甲基喹啉	115, 143
	14	31.20	4-乙基吡啶	92, 107	29	101.88	2,6-二甲基喹啉	156, 157
	15	31.99	2,3,5-三甲基吡嗪	42, 122				
中性香气 成分	1	10.09	5-甲基糠醛	109, 110	17	22.57	乙酸 2-乙基己酯	70, 83
	2	10.11	苯甲醛	77, 106	18	23.35	乙酸苄酯	91, 108
	3	10.48	糠酸甲酯	95, 126	19	23.64	乙酸对甲酚酯	108, 150
	4	10.54	乳酸乙酯	45, 75	20	24.80	4-甲基苯乙酮	91, 119
	5	11.03	6-甲基-5-庚烯-2-酮	69, 108	21	26.55	癸醛	57, 82
	6	11.45	乙酸糠酯	81, 98	22	28.27	香茅醇	81, 95
	7	13.45	2-乙基己醇	57, 83	23	28.29	橙花醇	69, 93
	8	13.65	苯甲醇	79, 108	24	28.65	枯茗醛	133, 148
	9	14.05	苯乙醛	91, 120	25	29.32	苯乙酸乙酯	91, 164
	10	15.62	苯乙酮	77, 105	26	30.31	香叶醇	69, 123
	11	16.55	戊酸乙酯	88, 115	27	42.08	β -大马酮	175, 190
	12	17.90	苯甲酸甲酯	105, 136	28	47.73	β -二氢紫罗兰酮	121, 161
	13	18.84	壬醛	57, 98	29	49.34	香叶基丙酮	69, 151
	14	19.44	苯乙醇	91, 122	30	51.77	β -紫罗兰酮	177, 178
	15	19.96	异佛尔酮	82, 138	31	52.20	二氢猕猴桃内酯	111, 180
	16	21.91	4-氧代异佛尔酮	68, 152	32	71.57	金合欢基丙酮	69, 136

注:特征离子中第一个离子为定量离子。

表2 96种香气成分在主流烟气颗粒物中释放量、作用阈值及香气活性值
Table 2 Release amounts, functional thresholds and activity values of 96 aroma components

香韵	化合物名称	主流烟气颗粒物中的释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			作用阈值/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	香气活性值		
		重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F		重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F
坚果香 (28种)	2-甲基吡嗪	1.334	0.848	1.000	4.22×10^{-5}	3.16×10^4	2.01×10^4	2.37×10^4
	2,3-二甲基吡嗪	—	0.097	0.194	1.38×10^{-9}	—	7.03×10^7	1.41×10^8
	2,5-二甲基吡嗪	1.298	0.717	1.317	3.72×10^{-6}	3.49×10^5	1.93×10^5	3.54×10^5
	2,6-二甲基吡嗪	0.514	0.511	0.677	3.14×10^{-8}	1.64×10^7	1.63×10^7	2.16×10^7
	2,3,5-三甲基吡嗪	0.269	0.166	0.308	3.71×10^{-7}	7.25×10^5	4.47×10^5	8.30×10^5
	2-乙基吡嗪	0.794	0.874	0.506	7.60×10^{-8}	1.04×10^7	1.15×10^7	6.66×10^6
	2-甲基吡啶	3.362	2.243	3.078	4.94×10^{-13}	6.81×10^{12}	4.54×10^{12}	6.23×10^{12}
	3-甲基吡啶	7.828	5.742	8.051	5.71×10^{-8}	1.37×10^8	1.01×10^8	1.41×10^8
	2,3-二甲基吡啶	0.700	0.838	1.562	7.55×10^{-8}	9.27×10^6	1.11×10^7	2.07×10^7
	2,4-二甲基吡啶	1.194	1.531	3.328	5.86×10^{-10}	2.04×10^9	2.61×10^9	5.68×10^9
	2,5-二甲基吡啶	1.278	1.137	2.515	6.82×10^{-8}	1.87×10^7	1.67×10^7	3.69×10^7
	3,5-二甲基吡啶	0.494	0.652	1.338	3.46×10^{-7}	1.43×10^6	1.88×10^6	3.87×10^6
	2,6-二甲基吡啶	0.732	0.602	1.315	2.95×10^{-13}	2.48×10^{12}	2.04×10^{12}	4.46×10^{12}
	2-乙基吡啶	1.040	0.778	1.158	8.88×10^{-11}	1.17×10^{10}	8.76×10^9	1.30×10^{10}
	3-乙基吡啶	1.982	2.011	2.375	6.31×10^{-13}	3.14×10^{12}	3.19×10^{12}	3.76×10^{12}
	4-乙基吡啶	0.355	0.411	0.685	5.08×10^{-7}	6.99×10^5	8.09×10^5	1.35×10^6
	2-乙烯基吡啶	0.177	0.158	0.163	5.71×10^{-13}	3.10×10^{11}	2.77×10^{11}	2.85×10^{11}
	3-乙烯基吡啶	12.877	11.857	9.828	6.18×10^{-9}	2.08×10^9	1.92×10^9	1.59×10^9
	2,3,5-三甲基吡啶	0.692	0.782	1.240	1.19×10^{-5}	5.82×10^4	6.57×10^4	1.04×10^5
	2-甲基-5-乙基吡啶	0.191	0.160	0.309	6.78×10^{-8}	2.82×10^6	2.36×10^6	4.56×10^6
	2-乙酰基吡啶	0.540	0.488	0.794	2.66×10^{-5}	2.03×10^4	1.83×10^4	2.98×10^4
	4-乙酰基吡啶	0.158	0.115	0.043	8.18×10^{-8}	1.93×10^6	1.41×10^6	5.26×10^5
	4-甲基-2-乙酰吡啶	0.117	0.194	0.292	1.05×10^{-8}	1.11×10^7	1.85×10^7	2.78×10^7
	3-甲基喹啉	0.629	1.182	1.314	5.74×10^{-13}	1.10×10^{12}	2.06×10^{12}	2.29×10^{12}
	6-甲基喹啉	0.408	0.454	0.726	6.34×10^{-7}	6.44×10^5	7.16×10^5	1.15×10^6
	8-甲基喹啉	0.258	0.255	0.491	6.94×10^{-7}	3.72×10^5	3.67×10^5	7.07×10^5
	2,6-二甲基喹啉	0.229	0.189	0.443	3.60×10^{-7}	6.36×10^5	5.25×10^5	1.23×10^6
	异佛尔酮	0.337	0.328	0.325	9.18×10^{-12}	3.67×10^{10}	3.57×10^{10}	3.54×10^{10}
清(青)香 (10种)	2-乙基己醇	0.231	0.132	0.108	2.77×10^{-10}	8.34×10^8	4.77×10^8	3.90×10^8
	癸醛	0.015	0.008	0.023	4.71×10^{-9}	3.18×10^6	1.70×10^6	4.88×10^6
	枯茗醛	0.034	0.055	0.011	6.29×10^{-7}	5.41×10^4	8.74×10^4	1.75×10^4
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.389	0.580	0.372	5.18×10^{-13}	7.51×10^{11}	1.12×10^{12}	7.18×10^{11}
	β -大马酮	1.468	1.451	1.400	8.15×10^{-13}	1.80×10^{12}	1.78×10^{12}	1.72×10^{12}
	香叶基丙酮	0.460	0.675	1.129	6.31×10^{-10}	7.29×10^8	1.07×10^9	1.79×10^9
	4-氧代异佛尔酮	0.186	0.134	0.057	4.71×10^{-8}	3.95×10^6	2.85×10^6	1.21×10^6
	乙酸糠酯	0.071	0.095	0.757	4.03×10^{-9}	1.76×10^7	2.36×10^7	1.88×10^8
	3-丁基吡啶	0.811	0.805	1.003	5.86×10^{-8}	1.38×10^7	1.37×10^7	1.71×10^7
	3-乙酰基吡啶	0.575	0.608	1.229	5.43×10^{-9}	1.06×10^8	1.12×10^8	2.26×10^8
果香 (7种)	苯甲醛	0.631	0.089	1.011	1.45×10^{-7}	4.35×10^6	6.14×10^5	6.97×10^6
	4-甲基苯乙酮	0.391	0.591	0.643	1.04×10^{-6}	3.76×10^5	5.68×10^5	6.18×10^5
	糠酸甲酯	0.112	0.191	0.049	2.91×10^{-7}	3.85×10^5	6.56×10^5	1.68×10^5
	乙酸 2-乙基己酯	0.051	0.018	0.023	2.38×10^{-13}	2.14×10^{11}	7.56×10^{10}	9.66×10^{10}
	乳酸乙酯	0.012	0.022	0.014	1.03×10^{-11}	1.17×10^9	2.14×10^9	1.36×10^9
	戊酸乙酯	0.005	0.023	0.012	1.08×10^{-13}	4.63×10^{10}	2.13×10^{11}	1.11×10^{11}
	二氢猕猴桃内酯	1.837	1.155	1.317	1.03×10^{-9}	1.78×10^9	1.12×10^9	1.28×10^9

表 2(续)

香韵	化合物名称	主流烟气气相物中的释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			作用阈值/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	香气活性值		
		重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F		重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F
酸香 (3 种)	乙酸	311.608	460.845	563.162	3.25×10^{-8}	9.59×10^9	1.42×10^{10}	1.73×10^{10}
	丙酸	25.492	31.692	42.075	3.58×10^{-8}	7.12×10^8	8.85×10^8	1.18×10^9
	丁二酸	0.357	0.380	0.602	2.43×10^{-10}	1.47×10^9	1.56×10^9	2.48×10^9
花香 (8 种)	苯甲醇	2.368	2.692	2.008	3.48×10^{-10}	6.80×10^9	7.74×10^9	5.77×10^9
	苯乙醇	1.666	1.206	0.774	2.60×10^{-11}	6.41×10^{10}	4.64×10^{10}	2.98×10^{10}
	橙花醇	0.251	0.182	0.102	1.04×10^{-8}	2.41×10^7	1.75×10^7	9.81×10^6
	香叶醇	0.580	0.566	0.234	3.58×10^{-12}	1.62×10^{11}	1.58×10^{11}	6.54×10^{10}
	苯乙醛	0.908	1.165	0.723	1.39×10^{-11}	6.53×10^{10}	8.38×10^{10}	5.20×10^{10}
	β -紫罗兰酮	0.040	0.048	0.043	8.71×10^{-13}	4.59×10^{10}	5.51×10^{10}	4.94×10^{10}
	β -二氢紫罗兰酮	0.198	0.265	0.069	1.13×10^{-10}	1.75×10^9	2.35×10^9	6.11×10^8
	乙酸苄酯	0.020	0.046	0.014	1.21×10^{-8}	1.65×10^6	3.80×10^6	1.16×10^6
奶香 (10 种)	异丁酸	1.838	0.562	0.617	1.50×10^{-8}	1.23×10^8	3.75×10^7	4.11×10^7
	丁酸	2.949	1.735	1.922	2.91×10^{-8}	1.01×10^8	5.96×10^7	6.60×10^7
	2-甲基丁酸	6.285	1.398	2.428	7.09×10^{-8}	8.86×10^7	1.97×10^7	3.42×10^7
	异戊酸	4.697	1.628	1.825	3.86×10^{-8}	1.22×10^8	4.22×10^7	4.73×10^7
	2-戊烯酸	0.722	0.865	1.112	7.55×10^{-11}	9.56×10^9	1.15×10^{10}	1.47×10^{10}
	戊酸	1.932	1.072	1.195	3.11×10^{-8}	6.21×10^7	3.45×10^7	3.84×10^7
	3-甲基戊酸	3.255	1.365	1.346	4.11×10^{-8}	7.92×10^7	3.32×10^7	3.27×10^7
	异己酸	2.382	0.908	0.929	1.51×10^{-8}	1.58×10^8	6.01×10^7	6.15×10^7
	己酸	2.102	1.052	1.358	3.22×10^{-8}	6.53×10^7	3.27×10^7	4.22×10^7
膏香 (4 种)	庚酸	2.922	1.783	0.474	3.88×10^{-8}	7.53×10^7	4.60×10^7	1.22×10^7
	苯甲酸	4.732	1.512	1.885	5.58×10^{-10}	8.48×10^9	2.71×10^9	3.38×10^9
	肉桂酸	1.480	0.702	0.702	1.37×10^{-6}	1.08×10^6	5.12×10^5	5.12×10^5
	4-甲基肉桂酸	0.583	0.558	0.589	3.71×10^{-9}	1.57×10^8	1.50×10^8	1.59×10^8
脂蜡香 (15 种)	苯甲酸甲酯	0.048	0.045	0.046	1.54×10^{-12}	3.12×10^{10}	2.92×10^{10}	2.99×10^{10}
	壬醛	0.055	0.055	0.082	3.75×10^{-9}	1.47×10^7	1.47×10^7	2.19×10^7
	辛酸	3.823	0.765	1.697	2.97×10^{-9}	1.29×10^9	2.58×10^8	5.71×10^8
	壬酸	3.488	2.463	1.111	3.98×10^{-8}	8.76×10^7	6.19×10^7	2.79×10^7
	癸酸	3.572	2.425	3.492	4.20×10^{-9}	8.50×10^8	5.77×10^8	8.31×10^8
	9-癸烯酸	15.526	10.809	18.98	4.32×10^{-11}	3.59×10^{11}	2.50×10^{11}	4.39×10^{11}
	10-十一烯酸	5.474	3.171	2.632	3.12×10^{-8}	1.75×10^8	1.02×10^8	8.44×10^7
	十一碳酸	2.928	1.269	5.697	3.86×10^{-8}	7.59×10^7	3.29×10^7	1.48×10^8
	十二碳酸	2.748	1.057	0.874	7.97×10^{-7}	3.45×10^6	1.33×10^6	1.10×10^6
	十三碳酸	1.388	0.671	0.548	1.25×10^{-7}	1.11×10^7	5.37×10^6	4.38×10^6
	十四碳酸	6.971	2.031	1.520	6.32×10^{-8}	1.10×10^8	3.21×10^7	2.41×10^7
	十五碳酸	3.917	1.609	1.332	1.37×10^{-8}	2.86×10^8	1.17×10^8	9.72×10^7
	十六碳酸	386.458	108.262	96.995	5.72×10^{-7}	6.76×10^8	1.89×10^8	1.70×10^8
	油酸	262.937	91.991	69.146	1.23×10^{-8}	2.14×10^{10}	7.48×10^9	5.62×10^9
	十八碳酸	87.682	28.991	25.822	7.57×10^{-8}	1.16×10^9	3.83×10^8	3.41×10^8
烤甜香 (5 种)	二十二碳酸	16.589	15.798	17.469	3.22×10^{-10}	5.15×10^{10}	4.91×10^{10}	5.43×10^{10}
	5-甲基糠醛	11.029	14.543	25.475	4.15×10^{-7}	2.66×10^7	3.50×10^7	6.14×10^7
	麦芽酚	2.991	4.880	4.985	1.24×10^{-5}	2.41×10^5	3.94×10^5	4.02×10^5
	乙基麦芽酚	0.346	0.383	0.514	12.3	2.81×10^{-2}	3.11×10^{-2}	4.18×10^{-2}
	4-甲基愈创木酚	0.925	1.038	1.043	4.15×10^{-13}	2.23×10^{12}	2.50×10^{12}	2.51×10^{12}
	反式-2,3-二甲基丙烯酸	1.637	1.669	1.885	8.18×10^{-8}	2.00×10^7	2.04×10^7	2.30×10^7

表 2(续)

香韵	化合物名称	主流烟气粒相物中的释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			作用阈值/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	香气活性值		
		重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F		重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F
甜香 (6种)	香茅醇	0.258	0.332	0.542	8.68×10^{-14}	2.97×10^{12}	3.82×10^{12}	6.24×10^{12}
	苯乙酮	0.457	0.763	0.882	8.29×10^{-7}	5.51×10^5	9.20×10^5	1.06×10^6
	金合欢基丙酮	3.543	2.520	1.192	4.17×10^{-12}	8.50×10^{11}	6.04×10^{11}	2.86×10^{11}
	3-苯基丙烯酸	3.914	2.543	2.889	1.43×10^{-9}	2.74×10^9	1.78×10^9	2.02×10^9
	乙酸对甲酚酯	0.082	0.003	0.094	1.02×10^{-7}	8.04×10^7	2.94×10^6	9.22×10^7
	苯乙酸乙酯	0.032	0.009	0.005	2.12×10^{-13}	1.51×10^{11}	4.25×10^{10}	2.36×10^{10}

注:—表示未检测出。

表 3 10 种香韵的活性值

Table 3 Activity thresholds of 10 aroma notes			
香韵	重庆 C3F	遵义 C3F	牡丹江 C3F
坚果香	1.39×10^{13}	1.22×10^{13}	1.71×10^{13}
清(青)香	2.55×10^{12}	2.90×10^{12}	2.44×10^{12}
果香	2.64×10^{11}	2.92×10^{11}	2.10×10^{11}
酸香	1.18×10^{10}	1.66×10^{10}	2.10×10^{10}
花香	3.46×10^{11}	3.54×10^{11}	2.03×10^{11}
奶香	1.04×10^{10}	1.18×10^{10}	1.51×10^{10}
膏香	3.98×10^{10}	3.21×10^{10}	3.34×10^{10}
脂蜡香	4.37×10^{11}	3.09×10^{11}	5.02×10^{11}
烤甜香	2.23×10^{12}	2.50×10^{12}	2.51×10^{12}
甜香	3.98×10^{12}	4.47×10^{12}	6.56×10^{12}

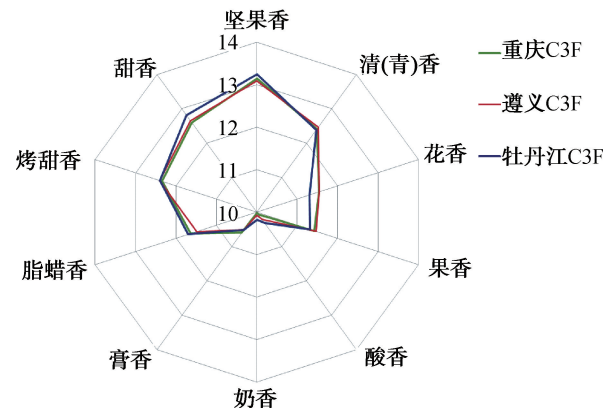


图 2 10 种香韵的活性值雷达图

Fig. 2 Radar chart of 10 aroma notes activity threshold

培技术对烤烟香型也有重要影响。以上结果表明,通过比较香韵活性值,可明显区分中间香型烟叶风格特征差异。

3 结论

本文以重庆、遵义和牡丹江 3 种产地 C3F 中间香型烤烟烟叶为研究对象,采用 GC-MS 法测定了主流烟气中 96 种重要香气成分释放量,由释放量及其作用阈值计算香气活性值,根据香韵归属获得了

10 种香韵的活性值,对比分析了 3 种中间香型烤烟的香韵特点,得到如下结论。1)96 种香气成分在 3 种中间香型烟叶主流烟气中的总释放量分别为 1 255.251 $\mu\text{g/g}$ 、856.274 $\mu\text{g/g}$ 和 967.670 $\mu\text{g/g}$,其中乙酸、十六酸和油酸释放量较高。10 种香韵中,酸香和脂蜡香的香气成分释放量最高,果香的香气成分释放量最低。对于 3 种中间香型烤烟,坚果香和甜香为其主体香韵,其次为清香和烤甜香香韵。2)相对而言,重庆 C3F 的膏香最为突出,遵义 C3F 的清香和果香最为突出,牡丹江 C3F 的甜香和坚果香最为突出。重庆 C3F 和遵义 C3F 的整体风格特征较为接近,而牡丹江 C3F 与上述两者之间的坚果香、甜香和花香香韵的活性阈值均存在较大差异。本文进一步细化了 3 种中间香型烤烟应用功能,可为卷烟叶组配方设计提供参考。

参考文献:

[1] 丁瑞康,王承瀚,朱尊权,等. 卷烟工艺学[M]. 北京:食品工业出版社,1958.

[2] 魏鹏程,张小利,范学忠,等. 不同海拔条件对中间香型烤烟中性致香成分含量的影响[J]. 天津农业科学,2017,23(8):72-75.

[3] 乔学义,王兵,马宇平,等. 烤烟烟叶质量风格特色感官评价方法的建立与应用[J]. 烟草科技,2014(9):5-9.

[4] 杨虹琦,周冀衡,杨述元,等. 不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(1):11-14.

[5] 杨超,丁根胜,万里兴,等. 基于烟叶化学成分的卷烟叶组感官质量和风格研究[J]. 烟草科技,2018,51(8):85-91.

- [6] 杜咏梅, 张建平, 王树声, 等. 主导烤烟香型风格及感官质量差异的主要化学指标分析[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(5): 7-12.
- [7] 束茹欣, 蔡嘉月, 杨征宇, 等. 应用近红外光谱投影模型法分析烟叶的产区与风格特征[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(10): 2764-2768.
- [8] 陈芝飞, 杨靖, 马宇平, 等. 基于活性阈值的卷烟烟气中重要碱性香气成分剖析[J]. 烟草科技, 2017, 50(3): 39-46.
- [9] 蔡莉莉, 刘绍锋, 郝辉, 等. 卷烟烟气重要中性香气成分的活性阈值[J]. 烟草科技, 2018, 51(9): 33-39.
- [10] CHEN Z F, YANG J, SUN Z T, et al. Determination of odor activity values (oavs) of some important volatile organic acids in the mainstream cigarette smoke[J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(S1): 27-32.
- [11] 马宇平, 席高磊, 赵志伟, 等. 香气活性值用于许昌、郴州和潍坊烤烟香气差异分析[J]. 烟草科技, 2020, 53(5): 63-70.
- [12] 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. 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.
- [13] 贾春晓, 文金昉, 马宇平, 等. 半制备型高效液相色谱结合气相色谱-质谱联用法分析卷烟烟气中性香味成分[J]. 分析试验室, 2016, 35(7): 831-835.
- [14] LEFFINGWELL J C, YOUNG H C, BERNASEK E. Tobacco flavoring for smoking products [M]. North Carolina: R. J. Reynolds Tobacco Company, 1972.
- [15] 陈芝飞, 杨靖, 马宇平, 等. 烟用香料作用阈值感官评价方法的建立及应用[J]. 烟草科技, 2016, 49(4): 30-36.
- [16] 罗登山, 王兵, 乔学义. 《全国烤烟烟叶香型风格区划》解析[J]. 中国烟草学报, 2019, 25(4): 1-9.

Study on the style characteristics differences of intermediate flavor flue-cured tobacco leaves of different producing areas based on activity values of aroma notes

CHEN Zhifei, CAI Lili, CHEN Xiaolong, ZHANG Yuxia, MA Shengtao, XI Gaolei, WANG Qingfu, ZHANG Junling
Technology Center, China Tobacco He'nan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China

Abstract: In order to reveal the style characteristics differences of intermediate flavor flue-cured tobacco leaves, the release of 96 aroma components in mainstream smoke of three intermediate flavor tobacco leaves (Chongqing C3F, Zunyi C3F and Mudanjiang C3F) was determined by GC-MS. Then the activity values of 96 aroma components were calculated, and the activity values of 10 aroma notes were also obtained. By comparing the activity values of 10 aroma notes, the aroma note style characteristics differences of three intermediate flavor flue-cured tobacco leaves were distinguished. The results were as follows: In the mainstream smoke of the three intermediate flavor flue-cured tobacco leaves, the total release was 1 255. 251 $\mu\text{g/g}$, 856. 274 $\mu\text{g/g}$ and 967. 670 $\mu\text{g/g}$ respectively. Acetic acid had the highest release, followed by hexadecanoic acid and oleic acid; Among the 10 aroma notes, the acid note and the fat-waxy note had the highest release. The main note of the three intermediate flavor tobacco leaves was the nutty note and the sweet note, followed by the fresh note and roasted-sweet note; Among the three intermediate flavor flue-cured tobacco leaves, the balsamic note was most outstanding in Chongqing C3F, as the fresh and fruity note in Zunyi C3F and the sweet and nutty note in Mudanjiang C3F.

Key words: intermediate flavor tobacco leaf; style characteristic; aroma component; functional threshold; activity value of aroma note