



吴启贤,陈子杰,崔要强,等.不同产地烟叶碱提香料卷烟加香效果及化学成分差异分析[J].轻工学报,2025,40(1):98-106.  
WU Q X, CHEN Z J, CUI Y Q, et al. Difference analysis in cigarette flavoring effect and chemical composition of tobacco alkali spices from different origins[J]. Journal of Light Industry, 2025, 40(1): 98-106.  
DOI: 10.12187/2025.01.012

# 不同产地烟叶碱提香料卷烟加香效果及化学成分差异分析

吴启贤<sup>1</sup>, 陈子杰<sup>2</sup>, 崔要强<sup>1</sup>, 伍锦鸣<sup>1</sup>, 赵谋明<sup>2</sup>, 任胜超<sup>1</sup>, 冯云子<sup>2</sup>

1. 广东中烟工业有限责任公司技术中心, 广东 广州 510385;
2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东 广州 510640

**摘要:**为筛选适用于卷烟加香的烟草源香料,以不同产地(云南、湖南、四川、巴西、美国、津巴布韦)的烟叶为原料制备碱提香料,分析其卷烟加香效果、基础化学成分、挥发性组分等差异。结果表明:津巴布韦烟叶碱提香料能提升烟气浓度和香气,增加卷烟烟草本香;美国、巴西烟叶碱提香料的总多酚、总酸、总植物碱含量高于国内及津巴布韦烟叶碱提香料,而总糖含量则相对较低;6个不同产地烟叶碱提香料样品按挥发性组分的构成可以分为3类,美国、巴西为第1类,云南、四川为第2类,湖南、津巴布韦为第3类;烟叶碱提香料挥发性组分中大马酮的含量高且阈值低,对于香料风味的贡献最突出,此外,2-乙酰基吡咯啉、紫罗酮、巨豆三烯酮IV、巨豆三烯酮II、巨豆三烯酮I、苯乙醛、壬醛、4-乙烯基愈创木酚、芳樟醇等组分的相对气味活度较高,也是烟叶碱提香料香气的主要贡献者。

**关键词:**烟叶碱提香料;烟叶产地;卷烟加香;挥发性组分;相对气味活度

**中图分类号:**TS426; O657.63 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-1553(2025)01-0098-09

## 0 引言

随着降焦减害工程的实施和推广,卷烟产品烟味变淡、香气劲头不足的问题逐渐显现,成为制约烟草行业发展的新问题。近年来,卷烟调香技术逐渐成为解决前述问题的核心手段,以烟叶为原料的香精香料具有香气逼真、自然、配伍性好的特点,成为重点开发方向。唐胜等<sup>[1-2]</sup>利用烟叶碱提技术制备了烟草源香料,合理利用烟叶中的蛋白质、糖类

及香气组分,所得香料保留了烟草的大部分特征香气成分,具有增强烟草香气、改善吸味、降低刺激性的效果。

烟草香精香料的品质与烟叶原料的化学组分,特别是挥发性香气组分及一些潜香型组分密切相关<sup>[3-6]</sup>。研究<sup>[4-5]</sup>表明,不同产地烟叶原料的组分往往具有明显的差异。周冀衡等<sup>[7]</sup>研究发现,我国南方清香型烤烟中西柏烷降解产物的含量较高,北方浓香型烤烟中芳香族氨基酸代谢产物和乙酰吡咯

收稿日期:2024-01-08;修回日期:2024-04-08;出版日期:2025-02-15

基金项目:中国烟草总公司科研项目(110202001011);广东中烟工业有限责任公司科研项目(粤烟工[2023]科字第10号,粤烟工[2023]科字第41号)

作者简介:吴启贤(1991—),男,广东省广州市人,广东中烟工业有限责任公司工程师,博士,主要研究方向为烟用香精香料制备与卷烟调香。E-mail:wuqx@gdzygy.com

通信作者:冯云子(1987—),女,湖南省益阳市人,华南理工大学研究员,博士,主要研究方向为食品风味化学、食品发酵与酿造。E-mail:feyzfang@scut.edu.cn

类物质含量更丰富。杨虹琦等<sup>[8]</sup>对比分析了中国不同产区烤烟烟叶的潜香型物质,发现类胡萝卜素在云南、贵州等地烟叶中含量较高,且基本表现为随着产区纬度降低而逐渐升高。窦玉青等<sup>[9-10]</sup>研究了不同产区烤烟的化学成分及其差异性,发现同一品种烟叶的总氮含量虽然变化不明显,但还原糖、烟碱含量存在明显差异。综上,产地纬度、温湿度、土壤条件的差异性,使烟叶原料表现出不同的组分特征,进而造成烟草源香料的品质差异。

鉴于此,本研究拟选用国内外不同产地的烟叶为原料,采用碱提技术制备烟草源香料,结合卷烟加香效果对比分析相应香料的基础化学成分组成、挥发性组分差异,以期明晰烟叶原料产地对碱提香料的影响,为烟草源香料的生产和应用提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

主要材料:烤烟烟叶样品产地分别为云南普洱(中桔三)、湖南常德(中桔三)、四川泸州(中桔三)、巴西(进口烤烟)、美国(进口烤烟)、津巴布韦(进口烤烟),由广东中烟工业有限责任公司提供。

主要试剂:浓硫酸、氯化钠、氢氧化钠、盐酸、磷酸、苯酚、无水碳酸钠、磷酸二氢钾、甲醛、乙醇、葡萄糖,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;草酸(纯度 $\geq 99.5\%$ )、L-酒石酸(纯度 $\geq 99\%$ )、L-苹果酸(纯度 $\geq 98\%$ )、柠檬酸(纯度 $\geq 99.5\%$ ),上海阿拉丁生化科技股份有限公司;甲醇(色谱级),德国 Merck 公司。

主要仪器:Trace1310-ISQ II 型气相色谱质谱(GC-MS)联用仪,美国赛默飞公司;Skalar SAN+型连续流动仪,荷兰 SKALAR 公司;DZX-50KBS 型高压灭菌锅,上海申安医疗器械厂。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 烟叶碱提香料制备** 参考唐胜等<sup>[1-2]</sup>的方法,稍作修改。取一定量的烟末,加入 5 倍质量的水,并调节 pH 值至 10.0,于 115 °C 条件下提取 1 h,再于 8000 r/min、20 °C 条件下离心 20 min 后,取上清液浓缩至固形物含量(质量分数)为(50 $\pm$ 2)%,即得烟叶碱提香料。

**1.2.2 卷烟加香效果评价** 参考唐胜等<sup>[1-2]</sup>的方法,稍作修改。将烟叶碱提香料按烟丝质量的 2% 喷洒于专用烟丝中,并制成加香卷烟,以不加烟叶碱提香料的空白卷烟为对照。将烟支于温度(22 $\pm$ 1) °C、相对湿度(60 $\pm$ 2)%条件下平衡 48 h 后,由感官评价专家小组(5 男 1 女,35~40 岁)进行评吸,评价人员应具有 5 年以上评吸经验。评吸指标包括香气、丰富性、烟气质感、杂气、烟气浓度、劲头、刺激性、谐调和余味,评吸指标满分均为 10 分,同时对卷烟加香的效果进行感官描述。

**1.2.3 基础化学成分测定** 不同产地烟叶碱提香料中总多酚、总酸、总糖(包括还原糖和水溶性糖)、总植物碱含量参照国标<sup>[11]</sup>和文献<sup>[12-13]</sup>测定。

**1.2.4 挥发性组分测定和分析** 参照赵谋明等<sup>[14]</sup>的方法进行烟叶碱提香料中挥发性组分测定。固相微萃取步骤:取 2.5 g 烟叶碱提香料,加入 2.5 g 饱和氯化钠溶液,再加入 10  $\mu$ L 内标溶液(1.728  $\mu$ g/g 的 2-甲基-3-庚酮);平衡温度 50 °C,保温 20 min 后,采用 CAR/PDMS 萃取头萃取 30 min,250 °C 解吸 3 min。GC-MS 条件:TR-5 MS 弹性石英毛细色谱柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu$ m);升温程序为初始温度 40 °C,保持 2 min,以 5 °C/min 速率升温至 120 °C,保持 10 min,以 12 °C/min 速率升温至 250 °C,保持 10 min;载气为高纯氦气,流速 1.0 mL/min,分流比为 1:10;EI 电离模式,离子源温度 250 °C,传输线温度 250 °C;电子能量 70 eV;扫描质量范围为 33~350 amu。

通过内标法测得各组分的相对含量后,采用主成分分析(PCA)进一步剖析不同产地烟叶碱提香料挥发性组分的主要差异。

**1.2.5 相对气味活度(ROAV)计算** 参照刘登勇等<sup>[15]</sup>的方法,定义样品中对风味贡献最大的挥发性组分的  $ROAV_{STAN} = 100$ ,其他组分的 ROAV 计算公式如下:

$$ROAV_A = \frac{C_A}{C_{STAN}} \times \frac{T_{STAN}}{T_A} \times 100$$

式中, $C_A$  为各组分的相对含量, $T_A$  为各组分嗅闻阈值/ $(\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$ , $C_{STAN}$  为风味贡献最大组分的相对含量, $T_{STAN}$  为风味贡献最大组分的嗅闻阈值/ $(\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 卷烟加香效果评价结果

不同产地烟叶碱提香料卷烟加香感官评价得分见表1,感官描述见表2。由表1可知,香料感官评价总分由高至低分别是:津巴布韦>巴西>云南>美国>四川>湖南。由表2可知,津巴布韦烟叶碱提香料对卷烟综合品质的提升效果最佳,香气、烟气质感、杂气等方面的提升较为明显,具有增浓提香、提调烟草本香的效果。其次是巴西、云南烟叶碱提香料,两者均具有柔和、松散的烟气质感,但在提升香气、降低刺激性方面的效果不如津巴布韦烟叶碱提香料。美国烟叶碱提香料对卷烟丰富性的提升较为明显,但与四川、湖南烟叶碱提香料具有类似的缺点,会不同程度

地增加烟气刺激性,使烟气余味不净。

### 2.2 基础化学成分分析结果

不同产地烟叶碱提香料的基础化学成分组成见表3。由表3可知,美国、巴西烟叶碱提香料样品的化学成分组成明显区别于国内样品,其特点是总多酚(2.55~3.07 g/100 g)、总酸(2.24~3.08 g/100 g)及总植物碱(2.3~2.4 g/100 g)的含量较高,而总糖含量则稍低于津巴布韦和国内样品,仅为9.2~9.4 g/100 g,美国和巴西两种样品的糖碱比则相对较低。津巴布韦与四川样品化学成分组成相近,总糖含量较高,而总多酚、总酸、总植物碱的含量均处于6个产地样品的下游。湖南样品总糖含量显著高于其他样品,总多酚含量与美国、巴西样品接近。

表1 不同产地烟叶碱提香料卷烟加香感官评价得分

Table 1 Sensory evaluation of tobacco alkali extracts from different origins

样品产地	香气	丰富性	烟气质感	杂气	烟气浓度	劲头	刺激性	谐调	余味	总分
对照	8.00	7.00	7.00	7.50	8.00	7.50	7.50	8.00	8.00	68.50
云南	8.43	7.79	7.75	7.71	8.43	7.71	7.50	8.07	8.14	71.54
湖南	8.43	7.64	7.36	7.43	8.29	7.50	7.36	8.07	8.00	70.07
四川	8.36	7.64	7.58	7.71	8.29	7.64	7.79	8.14	8.14	71.30
巴西	8.43	7.79	7.64	7.79	8.21	7.71	7.79	8.14	8.14	71.64
美国	8.43	7.93	7.58	7.71	8.43	7.71	7.43	8.07	8.07	71.36
津巴布韦	8.50	7.64	7.79	7.86	8.36	7.86	7.64	8.14	8.14	71.93

表2 不同产地烟叶碱提香料卷烟加香感官描述

Table 2 Sensory description of the tobacco-leaf extracts from different origins

样品产地	描述	优先档位
云南	增浓提香,增加烟气丰富性,松散烟气,烟气较舒适,劲头稍增	2
湖南	增浓提香,饱和烟气,喉部微有刺激性	5
四川	增浓提香,增加烟气丰富性,劲头、杂气稍增,舌面微有残留	4
巴西	增浓提香,增加烟气丰富性,柔和烟气,口腔微有残留,劲头稍增	2
美国	增浓提香,增劲头,烟气微干,喉咙微有刺激性,口腔微有残留	3
津巴布韦	增浓提香,提调烟草本香,浓度、劲头提升,口腔略有残留,降低喉咙刺激性,劲头稍增	1

表3 不同产地烟叶碱提香料的基础化学成分组成

Table 3 Chemical composition of tobacco alkali extracts from different origins

样品产地	含量/(g·(100 g) <sup>-1</sup> )				糖碱比
	总多酚	总酸	总糖	总植物碱	
云南	1.55±0.53	1.97±0.01	12.9±0.07	1.3±0.00	9.92
湖南	2.35±0.99	1.87±0.00	21.0±0.14	1.8±0.00	11.67
四川	1.65±0.60	2.12±0.02	13.3±0.05	1.8±0.03	7.39
巴西	2.55±1.01	2.24±0.01	9.4±0.06	2.3±0.04	4.09
美国	3.07±0.66	3.08±0.00	9.2±0.00	2.4±0.01	3.83
津巴布韦	1.53±0.52	1.65±0.00	13.7±0.05	1.4±0.00	9.79
变异系数/%	30	23	32	25	

## 2.3 挥发性组分分析

**2.3.1 挥发性组分检测结果** 不同产地烟叶碱提香料的挥发性组分相对含量见表4,表中还列出了已有文献报道的47个化合物的阈值<sup>[16-28]</sup>。由表4可知,在不同产地烟叶碱提香料中共检出90种组分,包括酮类24种、醛类13种、呋喃(酮)类10种、醇类11种、酸类9种、烷烯炔类5种、酚类4种、酯类3种、吡喃类2种、含氮化合物3种,其他类6种。不同产地烟叶碱提香料挥发性组分差异较大,这可能与烟叶产地气候、土壤等因素关系密切,如周淑平等<sup>[29]</sup>分析了我国8个不同生态产区采用相同栽培方式种植烟叶的挥发性物质,发现海拔高、纬度偏南有利于挥发性物质的累积,这与本文研究结果具有一致性。6种烟叶碱提香料中,以美国和巴西样品挥发性组分的总相对含量最高,但其感官评价得分并不是最高,表明样品挥发性组分总相对含量并不能完全反映卷烟加香效果,这一结论也得到王

能如等<sup>[30]</sup>研究结果的支持。在美国和巴西样品中,烟碱含量是其他样品的1.5~10.0倍,这可能是影响其感官评价得分的原因之一,相关研究结果<sup>[31]</sup>也表明游离烟碱表现为更高的刺激性。

不同产地烟叶碱提香料中各类化合物的占比如图1所示。由图1可知,酮类(16.30%~61.26%)、含氮化合物(主要为烟碱,21.62%~75.16%)是烟叶碱提香料的主要挥发性组分,其次是酸类(1.09%~4.73%)、醇类(1.85%~3.58%)和醛类(1.31%~2.70%)。整体上,云南、四川样品挥发性组分占比较为接近,其酮类化合物占比高于含氮化合物,巴西样品则完全相反,含氮化合物占比高达75.16%,而湖南、美国、津巴布韦样品中的酮类和含氮化合物则相对较为均衡。

**2.3.2 挥发性组分特征分析** 不同产地烟叶碱提香料挥发性组分的PCA分析结果如图2所示。由图2可知,酮类、醛类和烟碱主要分布在主成分1

表4 不同产地烟叶碱提香料的挥发性组分相对含量

Table 4 Volatile components of tobacco alkali extracts from different origins

种类	化合物	阈值/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	RI	云南	湖南	四川	巴西	美国	津巴布韦
	2-丙酮	45 000 <sup>[16]</sup>	<800	0.17	0.27	0.19	0.18	0.37	0.22
	1-羟基-2-丙酮	10 <sup>[17]</sup>	<800	0.58	0.01	0.04	0.00	0.25	0.31
	2,3-戊二酮	20 <sup>[17]</sup>	<800	0.00	0.00	42.19	0.00	0.00	0.00
	3-戊烯-2-酮		<800	0.15	0.16	0.15	0.05	0.15	0.11
	6-甲基-2-庚酮		955	0.09	0.08	0.12	0.03	0.11	0.09
	2,6,6-三甲基-2-环己烯-1,4-二酮(茶香酮)	25 <sup>[18]</sup>	1142	0.22	0.30	0.35	0.28	0.62	0.35
	3-乙基-4-甲基-吡咯-2,5-二酮		1230	0.11	0.17	0.17	0.77	1.00	0.19
	茄酮		1359	147.82	101.86	152.03	82.04	235.90	179.46
	大马酮	0.013 <sup>[19]</sup>	1379	12.68	10.60	24.64	12.29	16.49	20.54
	紫罗酮	0.09 <sup>[20]</sup>	1406	1.07	0.84	1.61	1.43	1.69	1.17
	6-甲基-6-(5-甲基-2-呋喃基)-2-庚酮		1416	0.20	0.20	0.26	0.27	0.37	0.23
酮类 (24种)	反式香叶基丙酮	60 <sup>[17]</sup>	1444	0.37	0.36	0.32	0.35	0.71	0.26
	5-羟基-3-甲基-1-茛酮		1516	0.31	0.96	1.03	1.14	1.46	1.00
	巨豆烯三酮I	0.81 <sup>[21]</sup>	1554	0.52	0.58	1.00	1.25	2.20	0.52
	巨豆烯三酮II	2.05 <sup>[21]</sup>	1574	1.67	1.86	3.20	4.19	7.32	1.76
	巨豆烯三酮III	3.86 <sup>[21]</sup>	1605	0.44	0.52	0.87	1.07	1.82	0.51
	4-羟基- $\beta$ -二氢大马酮		1606	1.84	2.45	2.70	3.04	5.88	3.47
	巨豆烯三酮IV	0.88 <sup>[21]</sup>	1619	1.65	2.26	3.88	4.67	7.53	2.00
	9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮		1635	5.45	6.81	4.46	9.75	19.16	10.91
	4-(3-羟基丁基)-3,5,5-三甲基-2-环己烯-1-酮		1692	0.14	0.11	0.10	0.39	0.30	0.24
	(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮		1726	0.22	0.11	0.08	0.42	1.24	0.57
	螺岩兰草酮		1792	0.14	0.08	0.15	1.34	0.52	0.30
	7,9-二叔丁基-1-氧杂螺[4.5]癸-6,9-二烯-2,8-二酮		1896	0.17	0.17	0.10	0.41	0.41	0.17
	法尼基丙酮		1905	0.07	0.58	0.10	0.80	1.92	0.49



表4(续)

种类	化合物	阈值/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	RI	云南	湖南	四川	巴西	美国	津巴 布韦
醛类 (13种)	2-丁烯醛		<800	0.07	0.08	0.07	0.08	0.13	0.07
	3-甲基丁醛	0.2 <sup>[17]</sup>	<800	0.02	0.03	0.03	0.06	0.06	0.03
	2-甲基丁醛	3 <sup>[17]</sup>	<800	0.03	0.03	0.04	0.12	0.11	0.04
	己醛	4.5 <sup>[17]</sup>	<800	0.07	0.20	0.09	0.27	0.39	0.15
	糠醛	3000 <sup>[17]</sup>	833	1.36	0.97	1.35	1.09	1.78	1.07
	庚醛	3 <sup>[17]</sup>	900	0.03	0.04	0.03	0.09	0.12	0.07
	苯甲醛	350 <sup>[17]</sup>	961	1.82	1.73	2.27	1.94	3.45	1.75
	苯乙醛	4 <sup>[17]</sup>	1043	3.20	2.64	5.41	5.11	6.34	2.33
	壬醛	1 <sup>[17]</sup>	1103	0.52	0.39	0.35	0.48	0.55	0.38
	阿托醛		1153	0.10	0.05	0.12	0.10	0.14	0.04
	藏花醛		1200	0.05	0.11	0.16	0.13	0.14	0.06
	癸醛	9.3 <sup>[22]</sup>	1204	0.20	0.13	0.17	0.25	0.17	0.14
	异香叶醛		1217	0.15	0.21	0.29	0.06	0.16	0.17
呋喃 (酮)类 (10种)	2-乙酰基呋喃	10 <sup>[17]</sup>	908	0.71	0.10	0.68	0.05	0.09	0.10
	2-甲基呋喃	4000 <sup>[23]</sup>	<800	0.10	0.07	0.14	0.04	0.09	0.06
	2-乙氧基呋喃		<800	0.08	0.05	0.06	0.05	0.12	0.06
	2,3,5-三甲基呋喃		813	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03
	2,3-二氢苯丙呋喃		1220	0.40	0.38	0.80	0.00	0.44	0.40
	3-苯基呋喃		1221	0.17	0.13	0.38	0.16	0.19	0.10
	丙位辛内酯	8 <sup>[17]</sup>	1250	0.19	0.20	0.30	0.27	0.76	0.17
	四氢猕猴桃内酯		1510	0.16	0.17	0.15	0.36	0.57	0.16
	二氢猕猴桃内酯	500 <sup>[18]</sup>	1524	3.57	2.39	2.08	6.58	5.19	2.89
环木香烯内酯		1781	0.02	0.01	0.03	0.14	0.07	0.01	
醇类 (11种)	乙醇	100 000 <sup>[24]</sup>	<800	0.90	0.39	1.35	0.40	0.50	0.24
	2-呋喃甲醇(糠醇)	2000 <sup>[17]</sup>	858	0.21	0.15	0.38	0.31	0.31	0.16
	5-甲基-2-糠醇		954	0.45	0.37	0.56	0.21	0.41	0.30
	6-甲基-2-庚醇		968	0.13	0.13	0.21	0.09	0.23	0.11
	苯甲醇	2540 <sup>[25]</sup>	1034	3.06	1.69	2.52	5.09	5.55	2.43
	芳樟醇	1 <sup>[26]</sup>	1099	0.36	0.18	0.45	0.31	0.38	0.26
	苯乙醇	390 <sup>[24]</sup>	1112	3.05	1.89	2.55	6.56	9.38	2.68
	4-吡啶甲醇		1126	0.59	0.34	0.31	1.91	2.87	0.58
	三甲基苯甲醇		1187	0.04	0.05	0.07	0.00	0.04	0.00
	松油醇	200 <sup>[26]</sup>	1196	0.10	0.05	0.11	0.08	0.11	0.08
异瑟模环烯醇		2092	1.71	1.15	1.61	2.15	5.79	2.47	
酸类 (9种)	乙酸	22 000 <sup>[17]</sup>	<800	9.82	7.96	15.38	8.01	15.91	7.22
	2-甲基丙酸	50 <sup>[17]</sup>	<800	0.06	0.05	0.03	0.05	0.07	0.05
	3-甲基丁酸	250 <sup>[17]</sup>	854	1.21	1.69	1.42	0.30	0.81	1.41
	2-甲基丁酸	540 <sup>[27]</sup>	864	1.21	1.08	1.09	0.32	0.59	0.70
	1-环戊烯羧酸		1094	0.35	0.34	0.43	0.05	0.45	0.22
	苯甲酸		1174	0.38	0.05	0.34	0.04	0.14	0.08
	辛酸	3000 <sup>[19]</sup>	1179	0.27	0.20	0.26	0.00	0.48	0.36
	苯乙酸	68 <sup>[22]</sup>	1253	0.00	0.00	0.00	0.00	2.69	0.00
	壬酸	3000 <sup>[18]</sup>	1272	0.42	0.26	0.55	0.00	0.56	0.51
烷烯 炔类 (5种)	1-甲基-1,4-环己二烯		<800	0.03	0.05	0.07	0.05	0.09	0.04
	紫罗烯		1253	0.23	0.08	0.39	0.25	0.56	0.24
	(E)-1-(2,3,6-三甲基苯基)-1,3-丁二烯 <sup>1</sup>		1390	1.18	0.65	2.07	1.44	3.64	1.68
	(E)-1-(2,3,6-三甲基苯基)-1,3-丁二烯 <sup>2</sup>		1394	1.66	1.01	3.09	2.20	5.74	2.71
	新植二烯		1835	0.07	4.03	0.25	1.39	3.00	0.50

表4(续)

种类	化合物	阈值/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	RI	云南	湖南	四川	巴西	美国	津巴布韦
酚类 (4种)	4-甲基苯酚	10 <sup>[18]</sup>	829	0.19	0.14	0.06	0.14	0.26	0.13
	3-甲基苯酚	31 <sup>[18]</sup>	1077	0.67	0.08	0.14	0.06	0.48	0.09
	邻苯二酚		1204	0.07	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
	4-乙炔基愈创木酚	3 <sup>[17]</sup>	1311	1.08	1.49	2.05	1.17	1.54	0.74
酯类 (3种)	丁酸乙酯	0.75 <sup>[22]</sup>	<800	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	月桂酸异丙酯		1624	0.07	0.06	0.15	0.07	0.03	0.24
	棕榈酸甲酯	>2000 <sup>[23]</sup>	1923	0.15	2.20	0.22	3.28	8.22	2.59
吡喃类 (2种)	麦芽酚	2500 <sup>[17]</sup>	1108	0.88	0.62	0.41	2.16	2.72	1.06
	6-乙基-5,6-二氢-2H-吡喃-2-酮		1162	1.64	3.12	1.90	5.22	7.91	5.92
含氮 化合物 (3种)	烟碱		1346	61.64	159.99	102.36	599.60	306.62	216.15
	麦司明		1422	0.15	0.28	0.16	1.12	0.79	0.41
	2,3-联吡啶		1526	0.94	1.23	0.87	5.08	5.47	2.49
其他类 (6种)	苯乙烯	50 <sup>[23]</sup>	889	1.05	0.04	0.05	0.07	0.09	0.04
	2,6-二甲基吡嗪	1500 <sup>[17]</sup>	914	0.55	0.28	3.60	0.01	0.10	0.01
	2-乙酰基吡咯啉	0.1 <sup>[17]</sup>	1064	3.39	2.16	2.69	11.48	14.80	3.55
	橙花醚		1150	0.06	0.06	0.12	0.04	0.10	0.07
	4-甲氧基苯乙烯		1151	0.26	0.16	0.20	0.22	0.43	0.12
	吡啶	500 <sup>[28]</sup>	1293	0.72	0.81	0.70	1.40	1.44	0.49

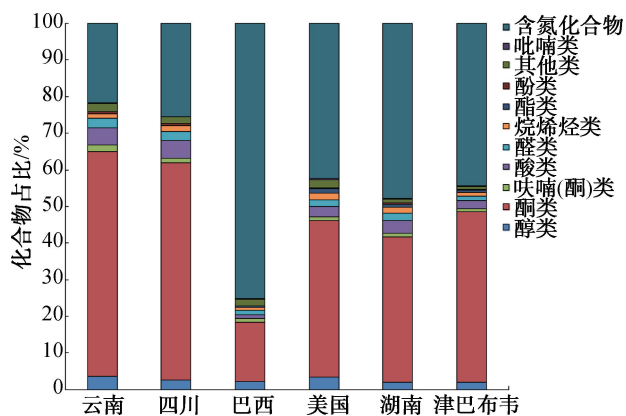


图1 不同产地烟叶碱提香料中各类化合物的占比

Fig. 1 Volatilization analysis of tobacco alkali extracts from different origins

(F1)的正半轴,在美国、巴西样品中具有较高的含量;而酸类、醇类及吡喃(酮)类化合物则主要分布在F1的负半轴,是四川、云南和湖南样品的特色组分。

整体而言,6个产地烟叶碱提香料在图2中的分布可聚成三大类:1)美国、巴西样品;2)云南、四川样品;3)湖南、津巴布韦样品。第1类样品在分布区域上更接近类胡萝卜素降解产物、芳香族氨基酸降解产物及烟碱。其中,类胡萝卜素降解产物主要包括巨豆三烯酮(I~IV)、大马酮、紫罗酮、法尼

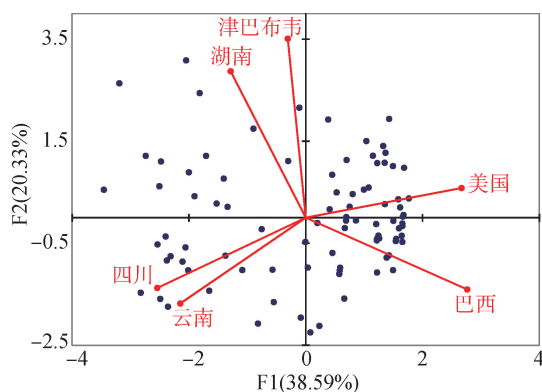


图2 不同产地烟叶碱提香料挥发性组分的PCA分析结果

Fig. 2 Principal component analysis of volatile components in tobacco alkali extracts from different origins

基丙酮、反式香叶基丙酮、二氢猕猴桃内酯、芳樟醇等。这类化合物在烟叶总挥发性组分中相对含量较高(5.73~11.18),阈值较低,且香气质较好,刺激性小,是烟叶中非常重要的一类致香成分<sup>[32]</sup>。除大马酮外,其他几种类胡萝卜素降解产物的相对含量均在美国样品中最高,总相对含量为55.07,是巴西样品(33.87)的1.6倍,是云南、湖南、四川、津巴布韦样品(17.21~24.80)的2倍以上。芳香族氨基酸代谢产物有苯甲酸、苯乙酸、苯甲醛、苯乙醛、苯甲醇、苯乙醇、吡啶等,具有典型的杏仁香、甜香和玫

瑰花香<sup>[33]</sup>,是浓香型烤烟中的特色组分。该类化合物在巴西、美国样品中的相对含量为13.08和19.21,约是其他样品(4.44~7.21)的2倍。

第2类样品附近大部分是棕色化反应产物(糠醛、糠醇、5-甲基-2-糠醇、2-乙酰基呋喃、2-甲基呋喃、2,6-二甲基吡嗪、2,3-戊二酮)及4-乙炔基愈创木酚等。这些化合物能赋予烟草坚果、焦甜及烟熏样香气,与烟草固有香气谐调,能修饰和提高卷烟的自然烟香气<sup>[34]</sup>。其中四川样品中的2,6-二甲基吡嗪、4-乙炔基愈创木酚相对含量明显高于其他样品,特别是2,6-二甲基吡嗪,其含量是其他样品的6.5倍以上。2,6-二甲基吡嗪具有可可、咖啡样香气,在烟草中用于提高香气浓度、增强烟香;4-乙炔基愈创木酚具有丁香、烟熏香气,在烟草中以糖苷的形式存在,具有增强烟香的作用<sup>[35]</sup>。

第3类样品挥发性组分以新植二烯、茄酮及大马酮含量较为突出。茄酮、新植二烯在烟叶中含量丰富,是卷烟中的重要香气成分,对卷烟香气具有特殊贡献<sup>[36-37]</sup>。其中茄酮在样品中的相对含量(82.04~235.90)仅次于烟碱,在美国和津巴布韦样品中含量最丰富。茄酮具有增加烟草本香,使烟气丰满的作用,是浓香型烤烟的关键风味化合物<sup>[38]</sup>。新植二烯来源于叶绿素降解,具有清香或青果香特征,燃烧时直接进入烟气,具有减轻刺激、醇和烟气的作用<sup>[37]</sup>,该化合物在湖南和美国样

品中含量丰富,其相对含量是其他样品的2倍以上。而大马酮带有浓而甜润的花香,能改善卷烟杂气及增强香气甜醇感,是烟草中重要的香气活性成分之一<sup>[3,14,39]</sup>,在四川和津巴布韦样品中含量较高。

**2.3.3 挥发性组分 ROAV** 为了进一步分析不同样品的风味差异,根据化合物的阈值(见表4),计算了不同产地烟叶碱提香料各挥发性组分的ROAV,结果见表5(仅展示ROAV>0.01的化合物)。由表5可知,化合物按照相对贡献大小排序如下:大马酮、2-乙酰基吡咯啉、紫罗酮、巨豆三烯酮IV、巨豆三烯酮II、巨豆三烯酮I、苯乙醛、壬醛、4-乙炔基愈创木酚、芳樟醇等。其中大马酮的贡献特别突出,这与其阈值低(0.013 μg/L)、含量高密切相关。其次是2-乙酰基吡咯啉,该化合物具有浓烈的爆米花香,是大米中稻香香韵的主要贡献者<sup>[40]</sup>,主要由脯氨酸降解产物1-吡咯啉及葡萄糖反应生成<sup>[41-42]</sup>。但2-乙酰基吡咯啉在烟草挥发性组分分析中鲜见报道,推测其可能是由提取过程中的热反应生成。该化合物在巴西、美国样品中的ROAV要显著高于其他样品。4个不同构型的巨豆三烯酮的ROAV在不同样品中均呈现IV>II>I>III的趋势,这与杨靖等<sup>[24]</sup>的分析结果相似。巨豆三烯酮是烟草中重要的中性致香成分,带有烟草香和辛香香韵,能显著增强烟香、改善吸味和降低刺激性,该类化合物在巴西和美国样品中具有较高的ROAV。

表5 不同产地烟叶碱提香料挥发性组分的ROAV

Table 5 ROAV of volatile components in tobacco alkali extracts from different origins

化合物	产地						均值
	云南	湖南	四川	巴西	美国	津巴布韦	
大马酮	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2-乙酰基吡咯啉	3.48	2.65	1.42	12.14	11.67	2.25	5.60
紫罗酮	1.21	1.15	0.95	1.68	1.48	0.82	1.22
巨豆三烯酮IV	0.19	0.31	0.23	0.56	0.68	0.14	0.35
巨豆三烯酮II	0.08	0.11	0.08	0.22	0.28	0.05	0.14
巨豆三烯酮I	0.07	0.09	0.07	0.16	0.21	0.04	0.11
苯乙醛	0.08	0.08	0.07	0.14	0.12	0.04	0.09
壬醛	0.05	0.05	0.02	0.05	0.04	0.02	0.04
4-乙炔基愈创木酚	0.04	0.06	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04
芳樟醇	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
巨豆三烯酮III	0.01	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02
2,3-戊二酮	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.02
3-甲基丁醛	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02

### 3 结论

本文以6种国内外烤烟烟叶为原料制备烟草碱提香料,通过卷烟加香效果评价、基础化学成分测定及挥发性组分测定对比分析了不同产地烟草源香料的差异。结果表明:美国、巴西烟叶碱提香料的基础化学成分与国内及津巴布韦烟叶碱提香料的差异较为明显,云南与津巴布韦烟叶碱提香料的基础化学成分最为接近。6个不同产地烟叶碱提香料样品可分为三类,美国、巴西为一类,云南、四川为一类,湖南、津巴布韦为一类。烟叶碱提香料挥发性组分中大马酮的含量高且阈值低,对于香料风味的贡献最突出,此外,2-乙酰基吡咯啉、紫罗酮、巨豆三烯酮IV、巨豆三烯酮II、巨豆三烯酮I、苯乙醛、壬醛、4-乙炔基愈创木酚、芳樟醇等化合物是烟叶碱提香料样品香气的主要贡献者,也是不同产地碱提香料香气表现出差异性的主要原因。本文研究结果对烟草香料的原材料选购、生产和应用具有重要的指导意义,后续研究将重点关注本文筛选出的关键致香成分在卷烟调香中的应用效果,构建具有品牌特色的特征烟香强化模块。

#### 参考文献:

[1] 唐胜,沈光林,饶国华,等. 利用烟末酶解液制备烟用美拉德反应香精的研究[J]. 食品工业科技,2011,32(4):268-271.

[2] 华南理工大学. 一种利用烟末制备烟用香料的方法:201110438395.X[P]. 2012-08-01.

[3] DUNKLE M N, YOSHIMURA Y, T KINDT R, et al. Lipidomics of tobacco leaf and cigarette smoke [J]. *Journal of Chromatography A*, 2016, 1439:54-64.

[4] MARTINS-DA-SILVA A S, TORALES J, BECKER R F V, et al. Tobacco growing and tobacco use [J]. *International Review of Psychiatry*, 2022, 34(1):51-58.

[5] LI Y X, LIU F F, SUN S B, et al. Metabolome of flue-cured tobacco is significantly affected by the presence of leaf stem[J]. *BMC Plant Biology*, 2023, 23(1):89.

[6] BANOŽIĆ M, ALADIĆ K, JERKOVIĆ I, et al. Volatile organic compounds of tobacco leaves versus waste (scrap, dust, and midrib): Extraction and optimization [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2021, 101(5):1822-1832.

[7] 周冀衡,杨虹琦,林桂华,等. 不同烤烟产区烟叶中主

要挥发性香气物质的研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(1):20-23.

- [8] 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呼吸质量影响的研究[C]//中国烟草学会. 中国烟草学会2004年学术年会论文集. 武汉:[出版社不详],2004:458-464.
- [9] 窦玉青,张伟峰,程森,等. 产地对主栽烤烟品种主要化学成分的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(1):53-58.
- [10] 池敬姬,王艳丽. 烟叶主要化学指标及其评吸质量间的相关性分析[J]. 延边大学农学学报,2006,28(3):208-210.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [12] 王发勇,华一崑,李思源,等. 不同润叶模式对初烤烟叶化学成分的影响[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2024,39(4):91-98.
- [13] 安徽省食品行业协会. 植物提取物及其制品中总多酚含量的测定 分光光度法:T/AHFIA 005-2018[S]. 北京:中国标准出版社,2018.
- [14] 赵谋明,蔡宇,冯云子,等. HS-SPME-GC-MS/O 联用分析酱油中的香气活性化合物[J]. 现代食品科技,2014,30(11):204-212.
- [15] 刘登勇,周光宏,徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J]. 食品科学,2008,29(7):370-374.
- [16] GIRI A, OSAKO K, OKAMOTO A, et al. Olfactometric characterization of aroma active compounds in fermented fish paste in comparison with fish sauce, fermented soy paste and sauce products [J]. *Food Research International*, 2010, 43(4):1027-1040.
- [17] BUTTERY R G, LING L C. Additional studies on flavor components of corn tortilla chips [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46(7):2764-2769.
- [18] PANG X L, YU W S, CAO C D, et al. Comparison of potent odorants in raw and ripened Pu-erh tea infusions based on odor activity value calculation and multivariate analysis: Understanding the role of pile fermentation [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(47):13139-13149.
- [19] SHI J, TONG G Q, YANG Q, et al. Characterization of key aroma compounds in Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* gaertn.) by means of sensory-directed flavor analysis [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2021, 69(38):11361-11371.
- [20] GUO X Y, HO C T, WAN X C, et al. Changes of volatile compounds and odor profiles in Wuyi rock tea during processing [J]. *Food Chemistry*, 2021, 341



- (Pt1):128230.
- [21] 杨靖,毛多斌,陈芝飞,等. GC-MS/O 技术测定卷烟烟气中巨豆三烯酮的香气活力值[J]. 中国烟草学报, 2016,22(6):11-17.
- [22] GRIMM J E, STEINHAUS M. Characterization of the major odor-active compounds in jackfruit pulp[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67(20):5838-5846.
- [23] 里奥·范海默特. 化合物香味阈值汇编[M]. 刘强, 冒德寿, 汤峨, 译. 北京: 科学出版社, 2015.
- [24] STEINHAUS P, SCHIEBERLE P. Characterization of the key aroma compounds in soy sauce using approaches of molecular sensory science[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(15):6262-6269.
- [25] LIU J, WAN P, XIE C F, et al. Key aroma-active compounds in brown sugar and their influence on sweetness[J]. Food Chemistry, 2021, 345:128826.
- [26] WANG B, MENG Q, XIAO L, et al. Characterization of aroma compounds of Pu-erh ripen tea using solvent assisted flavor evaporation coupled with gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry[J]. Food Science and Human Wellness, 2022, 11(3):618-626.
- [27] MÜNCH P, SCHIEBERLE P. Quantitative studies on the formation of key odorants in thermally treated yeast extracts using stable isotope dilution assays[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(11):4695-4701.
- [28] ZHANG J L, LI J, WANG J, et al. Characterization of aroma-active compounds in *Jasminum sambac* concrete by aroma extract dilution analysis and odour activity value[J]. Flavour and Fragrance Journal, 2021, 36(2):197-206.
- [29] 周淑平, 肖强, 陈叶君, 等. 不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(1):13-20.
- [30] 王能如, 李章海, 王东胜, 等. 烤烟香气成分与其评吸总分和香味特征的相关性[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(6):2567-2569, 2619.
- [31] 韩书磊, 张浩, 陈欢, 等. 不同形态烟碱的释放和生理效应差异研究进展[J]. 轻工学报, 2023, 38(4):69-76.
- [32] 韦凤杰, 刘国顺, 杨永锋, 等. 烤烟成熟过程中类胡萝卜素变化与其降解香气物质关系[J]. 中国农业科学, 2005, 38(9):1882-1889.
- [33] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [34] 蒋次清, 耿永勤, 王璐, 等. 气质联用仪对烟草中含氮杂环化合物的测定[J]. 分析测试学报, 2008, 27(S1):88-89, 92.
- [35] 谢剑平. 烟草香料技术原理与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [36] 李玲燕. 烤烟典型产区烟叶香气物质关键指标比较研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [37] 于建军, 董高峰, 马海燕, 等. 同一烤烟在2个烟区中性致香物质含量的差异性分析[J]. 浙江农业科学, 2009, 50(4):834-838.
- [38] 李章海, 王能如, 王东胜, 等. 烤烟香型的重要影响因素及香型指数模型的构建初探[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(5):2055-2057.
- [39] POPOVA V, IVANOVA T, PROKOPOV T, et al. Carotenoid-related volatile compounds of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) essential oils[J]. Molecules, 2019, 24(19):3446.
- [40] 应兴华, 徐霞, 欧阳由男, 等. 固相微萃取-气相色谱/质谱联用快速鉴定香稻香味特征化合物2-乙酰基吡咯啉[J]. 分析科学学报, 2011, 27(1):69-71.
- [41] VERMA D K, SRIVASTAV P P. Extraction, identification and quantification methods of rice aroma compounds with emphasis on 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP) and its relationship with rice quality: A comprehensive review[J]. Food Reviews International, 2022, 38(2):111-162.
- [42] YOSHIKAWA K, LIBBEY L M, COBB W Y, et al. 1-pyrroline: The odor component of strecker-degraded proline and ornithine[J]. Journal of Food Science, 1965, 30(6):991-994.

## Difference analysis in cigarette flavoring effect and chemical composition of tobacco alkali spices from different origins

WU Qixian<sup>1</sup>, CHEN Zijie<sup>2</sup>, CUI Yaoqiang<sup>1</sup>, WU Jinming<sup>1</sup>, ZHAO Mouming<sup>2</sup>, REN Shengchao<sup>1</sup>, FENG Yunzi<sup>2</sup>

1. Technology Center, China Tobacco Guangdong Industry Co., Ltd., Guangzhou 510385, China;

2. College of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

**Abstract:** Tobacco alkali spices (TASs) were prepared from tobacco leaves of different origins, such as Yunnan, Hunan, Sichuan, Brazil, the United States, and Zimbabwe, and were analyzed by cigarette flavoring effect evaluation, chemical composition and volatile components analysis in order to screen the tobacco leaves suitable for the preparation of cigarette flavorings. The Zimbabwe TASs could enrich the aroma and concentration, especially

(下转第119页)

## Preparation of swim bladder peptide of *Pseudosciaena crocea* and its study on delaying skin aging

SUN Yanqing<sup>1</sup>, DU Fen<sup>2</sup>, ZHU Zongmin<sup>1</sup>, FENG Xiaomei<sup>2</sup>, SHANG Lili<sup>1</sup>, CAO Wanxiu<sup>3</sup>, LIU Chuyi<sup>2,3</sup>

1. Qingdao Daiyoujia Biotechnology Co., Ltd., Qingdao 266001, China;

2. Marine Biomedical Research Institute of Qingdao, Qingdao 266073, China;

3. School of Medicine and Pharmacy, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

**Abstract:** Using the superoxide anion radical scavenging rate as an indicator, single-factor experiments and response surface methodology were employed to optimize the preparation of peptides from swim bladder of *Pseudosciaena crocea* (HSBP). The HaCaT cell line, an immortalized human keratinocyte cell line, was employed to establish an oxidative damage model to evaluate the effects of HSBP on collagen and hyaluronic acid secretion, as well as the activities of antioxidant enzymes and  $\beta$ -galactosidase, to assess its oxidative damage repair activity. The 3D recombinant human epidermal barrier injury model was established to study the effects of HSBP on its tissue morphology and the expression of skin barrier related proteins, and to comprehensively evaluate its delaying aging effect on skin. The results showed that the optimal preparation conditions for HSBP were: enzymatic hydrolysis time of 4 hours, 50 °C, pH value of 7.5, and a bromelain addition of 3400 U/g. Under these conditions, the superoxide anion radical scavenging rate was 65.6%. The molecular weight of HSBP was 480 Da, with no irritation, sensitization, or cytotoxicity. HSBP could significantly promote the secretion of hyaluronic acid, type I and type IV collagen in oxidation-damaged cells, increase the activities of superoxide dismutase and glutathione peroxidase (GSH-Px), decrease the contents of malondialdehyde and  $\beta$ -galactosidase, and significantly increase the expressions of LOR, FLG, TGM1 and AQP3 in barrier damaged models, effectively repair the barrier damaged skin tissue, and significantly increase the number of viable cell layers. Therefore, HSBP could effectively protect skin cells from oxidative damage and repair skin barrier injury, thereby delaying skin aging.

**Key words:** swim bladder of *Pseudosciaena crocea*; peptide; oxidative damage; skin barrier damage; skin aging

[责任编辑:王晓波]

(上接第 106 页)

the original aroma of cigarette tobacco. The chemical compositions of American and Brazilian TASs were obviously different from that of domestic tobacco and Zimbabwean tobacco. The contents of total polyphenols, total acids and total plant alkaloids of TASs from the United States and Brazil were higher than those of domestic and Zimbabwe TASs, while the total sugars content were lower than those of domestic and Zimbabwe TASs. Six TAS samples of different origins could be divided into three categories: United States and Brazil, Yunnan and Sichuan, Hunan and Zimbabwe. The content of Damarone in volatile components of TASs was high and the threshold was low, which contributed the most to the flavor of the sample. In addition, 2-acetyl pyrroline, violonone, megalotrienone IV, megalotrienone II, megalotrienone I, phenylacetaldehyde, nonylaldehyde, 4-vinyl guaiacol and linalsol which had high ROAV were the main contributors to the aroma of TASs.

**Key words:** tobacco alkali spice; tobacco origin; cigarette flavoring; volatile; ROAV

[责任编辑:吴晓亭]