

[文章编号] 1003-4684(2023)01-0047-06

# 基于 OAV 和 PCA 的茄芯烟叶中关键呈香物质

毛亚浩<sup>1</sup>, 丁静怡<sup>1</sup>, 余君<sup>2</sup>, 王志<sup>1</sup>, 陈雄<sup>1</sup>, 杨春雷<sup>2</sup>, 姚兰<sup>1</sup>

(1 湖北工业大学 生物工程与食品学院, 发酵工程教育部重点实验室, 湖北 武汉 430068;

2 湖北省烟草科学研究院, 湖北 武汉 430030)

**[摘 要]** 为探究恩施茄芯烟叶中性香气成分, 筛选关键呈香物质, 以晾晒结束后的恩施茄芯烟叶作为研究对象, 分别做了两组处理: 无菌水发酵处理、*Bacillus megaterium* m1 加培养基混合发酵处理, 利用 GC-MS 鉴定茄芯烟叶中的中性香气成分, 通过气味活性值(OAV)与主成分分析(PCA)相结合筛选其关键致香成分。结果表明: 从茄芯烟叶共鉴定出 30 种中性致香成分, 包括酮类 11 种、醇类 5 种、酯类 1 种、杂环类 2 种、烯炔类 1 种、醛类 8 种、酚类 2 种, 其中酮类种类较丰富, 烯炔类含量较高。挥发性成分中有 11 种 OAV 大于 1, 最终确认苯甲醛、4-乙炔基愈创木酚、苯乙醛、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2 为恩施茄芯烟叶中性香气成分的关键呈香物质。这为解析恩施茄芯烟叶的特征性香味风格与品质定向调控提供了理论基础。

**[关键词]** 茄芯烟叶; 中性香气; 气味活性值; 主成分分析

**[中图分类号]** TS453 **[文献标识码]** A

雪茄烟是一种卷烟产品, 具有独特的香气<sup>[1]</sup>。按照其不同的用途, 可以将卷制雪茄的烟叶分为茄衣、茄套、茄芯<sup>[2]</sup>。其中茄芯是雪茄的核心部分, 决定着雪茄的味道和吸食过程中的香气品质<sup>[1]</sup>。

香气是评价烟叶内在质量的重要指标和核心内容之一, 其在很大程度上决定着烟叶品质的优劣<sup>[3]</sup>。烟叶香气是由多种挥发性致香成分的组成、含量及相互作用共同决定的<sup>[3]</sup>。在烟草重要香气的鉴定中, 气相色谱质谱联用(GC-MS)是烟草挥发性香气成分鉴定和定量中常用的应用技术, 但它无法确定挥发性香气成分对样品的贡献度<sup>[4]</sup>。气味活性值(OAV)表示分子的浓度与其气味阈值的比值, 其值越大, 表明该挥发性物质对香气贡献度越大, 可以用来分析关键呈香物质<sup>[5]</sup>。胡安福<sup>[6]</sup>等利用 OAV 明确了卷烟主流烟气中各成分对奶香、焦甜豆香的贡献度。范武<sup>[7]</sup>等利用 OAV 明确了异戊酸和乙酸对卷烟主流烟气酸香贡献最大。杨靖<sup>[8]</sup>等发现  $\beta$  大马酮、二氢大马酮的 OAV 均较大, 在彰显烤烟烟气清香香韵方面起主要作用。多元统计分析方法中的主成分分析(PCA)通过降维, 将交叉、重复、相互作用的变量进行剔除, 确定最关键的变量<sup>[9]</sup>。潘玲<sup>[10]</sup>等对湖北烤烟中性香气成分的主成分分析, 发现巨

豆三烯酮、大马酮等是烤烟香味品质的主要成分。薛超群<sup>[11]</sup>等对不同产地的烤烟烟叶外观特征指标进行主成分分析, 确定了叶面组织、柔韧性、色度、油分、厚度、底色等为烤烟烟叶外观特征评价的指标。

烟叶的挥发性香气成分是其风味的主要贡献者<sup>[4]</sup>。而发酵是提高茄芯烟叶品质的重要环节, 微生物在发酵过程中发挥着重要作用, 经过发酵的烟叶刺激性会降低, 香气也更加突出<sup>[12]</sup>。然而, 关于恩施雪茄茄芯烟叶中性香气成分的关键呈香物质未见报道, 因此研究该烟叶中性香气成分对于解析其风味特征与品质的调控具有重要意义。为了确定恩施茄芯烟叶中关键呈香物质, 作为评价烟叶发酵优劣的重要指标, 本研究对晾晒结束的恩施茄芯烟叶做了两组发酵处理: 无菌水处理、*Bacillus megaterium* m1 加培养基混合处理, 通过 GC-MS 来定性、定量烟叶中的中性香气成分, OAV 结合 PCA 的方法来确定烟叶中性香气中关键呈香物质, 以期工业生产提高恩施茄芯烟叶品质提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试烟叶来自湖北恩施州晾晒结束的 CX-014

**[收稿日期]** 2022-08-30

**[基金项目]** 国家自然科学基金(31871789); 中国烟草总公司重大专项项目(110202001039(XJ-01)); 湖北省烟草公司重点科技项目(027Y2019-003)

**[第一作者]** 毛亚浩(1995-), 男, 河南平顶山人, 湖北工业大学硕士研究生, 研究方向为发酵工程

**[通信作者]** 姚兰(1982-), 女, 四川南充人, 湖北工业大学副教授, 研究方向为功能酵母与酿造微生物

雪茄茄芯。

供试菌种来自本实验室保藏的一株巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium* m1)。

LB(Luria-Bertani)培养基):胰蛋白胨 10 g/L, 酵母粉 5 g/L, 氯化钠 10 g/L, pH 7.2~7.4(用 pH 计进行调节, PE-28, 梅特勒-托利多仪器有限公司)。

胰蛋白胨(生化试剂 BR)来自北京双旋微生物培养基制品厂, 酵母粉(分析纯)来自苏州嘉叶生物科技有限公司, 氯化钠(分析纯 AR)来自国药试剂有限公司。

## 1.2 方法

1.2.1 雪茄烟的固态发酵 参照覃明娟<sup>[13]</sup>的方法并进行了一定的调整, 将 *Bacillus megaterium* m1 菌接种于 50 mL LB 培养基中, 在 37℃、200 r/min 条件下培养至对数生长期, 取对数生长期的菌液在 10000 r/min 离心 5 min 后, 用无菌水清洗两次, 加入 50 mL 新鲜 LB 培养基进行重悬, 得到重悬液, 然后将供试茄芯烟叶进行切丝, 宽度为 2 mm 左右, 称取 75 g 的烟丝放入自封袋中, 均匀的将重悬液喷洒在烟丝上, 平衡水分至 30%, 放入恒温恒湿箱中进行发酵, 控制发酵过程中的温度、湿度, 发酵结束后 75℃ 烘干过 40 mm 孔径筛。

1.2.2 变温发酵 参照乔保明<sup>[14]</sup>的方法, 将茄芯烟叶的变温发酵过程分为三个阶段: 第一阶段, 35℃~40℃, 培养箱湿度 80%~85%, 发酵 6 d; 第二阶段, 40℃~45℃, 培养箱湿度 80%~85%, 发酵 6 d; 第三阶段, 45℃~50℃, 培养箱湿度 85%~90%, 发酵 6 d, 同时设置两组实验, 实验 1 为只补无菌水的变温发酵; 实验 2 为按烟丝重量加入 10% 的 *Bacillus megaterium* m1 加培养基的变温发酵。

1.2.3 蒸馏萃取(SDE)(GC/MS)测定烟草致香物质 参考文献<sup>[15]</sup>测定雪茄茄芯中致香物质。

1.2.4 挥发性香气成分定性 将通过 GC-MS 分析得到的各色谱峰的质谱图在安捷伦科技自主研发的质谱数据库 NIST14.0 进行相似度对比, 将匹配度最高的作为鉴定标准, 得到定性的挥发性香气成分。

1.2.5 挥发性香气成分定量 采用内标乙酸苯乙酯定量香气成分, 每个挥发性成分的含量

$$W_i = (30 \times M_i) / S_i \times 2 / 10 \quad (1)$$

式中:  $W_i$  代表每个挥发性香气物质的含量,  $\mu\text{g/g}$ ;  $M_i$  代表每个挥发性成分的峰面积;  $S_i$  表示内标乙酸苯乙酯的峰面积。

1.2.6 气味活性值计算 OAV 为致香成分在体系中的浓度与该物质察觉阈值的比值<sup>[16]</sup>

$$H_i = W_i / O_i \quad (2)$$

式中:  $H_i$  代表挥发性香气成分的气味活度值;  $W_i$  代表每个挥发性香气成分的含量,  $\mu\text{g/g}$ ;  $O_i$  代表每个挥发性成分在水中的察觉阈值,  $\mu\text{g/g}$ 。

## 1.3 数据处理

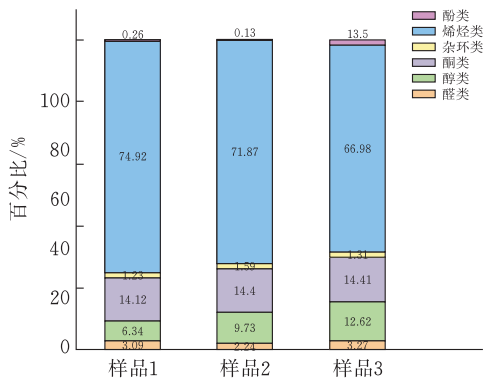
所有实验均设置 3 个平行, 采用 Origin 2019 作图, SPSS26.0 进行相关性分析和主成分分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 雪茄烟叶中性香气物质组分分析

茄芯烟叶中性香气成分 GC-MS 定性定量分析及香气类型描述见表 1。在烟叶中检测到 30 种中性香气物质, 包括酮类 11 种、醇类 5 种、酯类 1 种、杂环类 2 种、烯炔类 1 种、醛类 8 种、酚类 2 种。从香气物质种类上来看, 3 种处理中酮类物质种类均较丰富, 其次是醛类、醇类、杂环类、酚类、烯炔类、酯类。这些香气成分都是雪茄茄芯烟叶中重要的中性香气物质, 对烟叶香气风格凸显有重要作用<sup>[15]</sup>。其中菌加培养基发酵后中性香气物质总量较高, 可达到 905.38  $\mu\text{g/g}$ , 与发酵前、无菌水发酵后相比存在显著差异, 这可能是由于加入 *Bacillus megaterium* m1 和培养基能协同促进雪茄烟叶发酵, 提高香气质量。

茄芯烟叶中性香气主要分为 6 类, 种类占比见图 1(其中组分百分比是由该组分的含量与香气物质总量的比值)。此 6 类共同构成了烟叶的香气特征。3 组样品中均以烯炔类含量最高, 占中性香气成分总量的 66%~75%; 其次为酮类, 占中性香气成分总量的 14%~15%; 再次为醇类(6%~13%)、醛类(2%~4%)、酚类(0.1%~2%)和杂环类(1%~2%)。



样品 1—发酵前的烟叶; 样品 2—无菌水发酵后的烟叶; 样品 3—菌加培养基混合发酵后的烟叶

图 1 雪茄烟叶的挥发性组分种类

## 2.2 雪茄茄芯烟叶中性香气物质的 OAV 分析

香气物质对雪茄茄芯烟叶的特征香气风格的贡献不仅与该物质在烟叶中的含量有关, 其阈值也是重要的参考依据<sup>[21]</sup>。致香成分所呈现的风味强度

可以用 OAV 来体现, OAV 值越大, 表明致香成分对香气的贡献越大<sup>[22]</sup>。利用 OAV 值可以从浓度和阈值两个层面揭示香气成分对体系的贡献度<sup>[23]</sup>。

一般认为 OAV 大于 1 的致香成分为呈香的关键物质<sup>[24]</sup>。

表 1 不同处理中雪茄烟叶中性香气成分定性及定量结果

类型	香气物质	香气类型 描述 <sup>[17-20]</sup>	发酵前/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	无菌水/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )	菌加培养基/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )
酮类(11 种)	(1,1'-联环戊基)-2-酮	果香、木质香	0.23±0.06	0.29±0.16	1.06±0.10
	6-甲基-5-庚烯-2-酮	柑橘味、苹果香	0.39±0.01	0.36±0.01	0.35±0.02
	茄酮	胡萝卜香、烟草香	23.55±0.48	18.66±0.43	36.36±1.76
	大马酮	甜果香、玫瑰香	6.82±0.23	9.15±0.35	7.34±0.02
	巨豆三烯酮 1	清甜的烟草香	9.13±0.04	10.23±0.05	10.11±0.02
	巨豆三烯酮 2	清甜的烟草香	12.53±0.10	6.99±0.03	13.32±0.04
	9-羟基巨豆二烯酮	清香	3.95±0.12	—	11.82±0.03
	植酮	木香、茉莉香	12.87±0.17	12.85±0.76	19.01±0.78
	法尼基丙酮	花香	15.16±1.04	19.67±0.67	28.08±0.34
	香叶基丙酮	烟草清甜香	2.11±0.05	1.70±0.02	2.61±0.03
	4-氧代异佛尔酮	木香、烟草香	0.36±0.10	0.29±0.02	0.38±0.05
醇类(5 种)	糠醇	焦糖香	1.77±0.03	2.04±0.15	6.60±0.16
	苯甲醇	花香、玫瑰香	1.97±0.05	2.16±0.06	2.36±0.02
	苯乙醇	花香	6.22±0.04	9.65±0.04	8.65±0.04
	镰叶芹醇	花香	0.65±0.07	0.13±0.04	0.63±0.05
	植物醇	花香	28.52±1.60	40.22±3.10	95.97±2.75
酯类(1 种)	炔丙菊酯	果香	0.28±0.05	0.23±0.027	0.50±0.06
杂环类(2 种)	吡嗪	花香	7.08±0.05	8.22±0.14	11.20±0.04
	3-乙酰基吡啶	坚果香	0.52±0.03	0.65±0.02	0.69±0.04
烯炔类(1 种)	新植二烯	清香	462.14±16.90	400.32±15.52	606.44±4.57
醛类(8 种)	糠醛	焦糖香、烤面包香	1.25±0.04	1.45±0.08	3.70±0.24
	苯甲醛	果香、轻微的木香	0.80±0.06	0.46±0.01	1.24±0.02
	4-吡啶甲醛	水果香	0.47±0.04	0.35±0.03	1.66±0.20
	苯乙醛	花香	14.28±0.06	7.77±0.05	16.55±0.04
	(Z)-7-十六碳烯醛	果香	0.16±0.03	0.50±0.07	0.69±0.04
	BETA-环柠檬醛	柠檬香	0.11±0.02	0.13±0.02	0.26±0.01
	A,2,6,6-四甲基-1-环己烯-1-巴豆醛	木香、烟草香	1.27±0.07	0.69±0.05	1.09±0.04
	5-甲基呋喃醛	焦糖香	0.70±0.10	1.16±0.13	4.44±0.31
	4-乙烯基愈创木酚	干木香	1.61±0.03	0.71±0.03	1.97±0.02
酚类(2 种)	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	木香	—	—	10.29±0.26
总计 30 种		—	616.89±21.61	557.03±22.03	905.38±12.06

“—”表示该物质在样本中未检测出来, 误差为 SD

通过对 30 种中性致香成分中已报道的阈值查询和计算, 发现其中 11 种中性香气物质的 OAV 不小于 1(表 2)。OAV 由高到低依次是巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2、苯乙醛、吡嗪、4-乙烯基愈创木酚、BETA-环柠檬醛、香叶基丙酮、苯乙醇、6-甲基-5-庚烯-2-酮、3-乙酰基吡啶、苯甲醛。其中巨豆三烯酮、香叶基丙酮、6-甲基-5-庚烯-2-酮具有典型的清香、果香和烟草香<sup>[19, 22]</sup>; 4-乙烯基愈创木酚具有木香<sup>[25]</sup>。BETA-环柠檬醛具有清香<sup>[19]</sup>; 吡嗪具有花香<sup>[18]</sup>; 3-乙酰基吡啶具有坚果香<sup>[16, 18]</sup>; 苯乙醇、苯甲醛、苯乙

醛带有果香和清香<sup>[3]</sup>。

刘哲<sup>[26]</sup>用 OAV 研究了烟草中的关键香气成分, 发现巨豆三烯酮、苯乙醛、吡嗪为烟草中的重要香气成分。沈进<sup>[27]</sup>在对陈化烟叶的致香物质研究中, 用 OAV 确定了陈化烟叶中重要的香气成分。这些重要的中性香气成分来源于不同的香气物质前体<sup>[3]</sup>。

雪茄烟叶中存在着大量的香气物质, 不同物质之间存在着复杂的协同、加和、抑制等相互作用<sup>[28]</sup>。两个处理发酵后和发酵前茄芯烟叶主要中性香气物

质间的 OAV 相关性分析见表 3,结果显示茄苳烟叶的主要中性香气物质间存在着密切的关联程度,如苯甲醛、苯乙醛、3-乙酰基吡啶均呈显著正相关, 6-甲基-5-庚烯-2-酮与苯乙醇、吲哚、巨豆三烯酮 1 呈显著负相关,苯乙醇与巨豆三烯酮 2 呈显著负相关。

表 2 雪茄烟叶中主要中性香气化合物的阈值与气味活性值

序号	挥发性成分	阈值/ (mg · kg <sup>-1</sup> ) <sup>[8, 22, 29]</sup>	发酵前	无菌水	菌加培养基
1	苯甲醛	0.7500	1.07±0.03	0.61±0.02	1.66±0.03
2	6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.0680	5.74±0.12	5.29±0.19	5.20±0.19
3	苯乙醛	0.0063	2266.67±7.88	1232.54±6.73	2627.51±5.25
4	苯乙醇	0.4790	12.99±0.09	20.15±0.09	18.07±0.07
5	3-乙酰基吡啶	0.5000	1.04±0.04	1.29±0.06	6.24±0.07
6	BETA-环柠檬醛	0.0030	35.00±4.30	44.78±5.69	86.67±2.72
7	吲哚	0.0110	643.64±3.40	747.58±20.30	1018.18±3.24
8	4-乙烷基愈创木酚	0.0120	134.22±2.58	59.07±1.80	163.89±1.42
9	巨豆三烯酮 1	0.0008	11267.49±38.22	12629.63±46.60	12485.60±21.08
10	巨豆三烯酮 2	0.0021	6113.82±39.90	3409.76±18.25	6495.94±16.12
11	香叶基丙酮	0.0600	35.17±0.76	28.28±0.35	43.50±0.36

表 3 雪茄烟叶主要中性香气化合物间的 OAV 相关性

	苯甲醛	6-甲基-5-庚烯-2-酮	苯乙醛	苯乙醇	3-乙酰基吡啶	BETA-环柠檬醛	吲哚	4-乙烷基愈创木酚	巨豆三烯酮 1	巨豆三烯酮 2	香叶基丙酮
苯甲醛	1.000										
6-甲基-5-庚烯-2-酮	-0.097	1.000									
苯乙醛	0.941**	0.186	1.000								
苯乙醇	-0.256	-0.744**	-0.565	1.000							
3-乙酰基吡啶	0.878**	-0.500	0.669*	0.225	1.000						
BETA-环柠檬醛	0.799**	-0.554	0.563	0.341	0.981**	1.000					
吲哚	0.701**	-0.680*	0.422	0.502	0.955**	0.968**	1.000				
4-乙烷基愈创木酚	0.949**	0.151	0.999**	-0.542	0.689*	0.585*	0.447	1.000			
巨豆三烯酮 1	0.042	-0.806**	-0.294	0.936**	0.505	0.610*	0.728**	-0.269	1.000		
巨豆三烯酮 2	0.894**	0.288	0.993**	-0.659*	0.574	0.462	0.309	0.988**	-0.404	1.000	
香叶基丙酮	0.933**	-0.077	0.888**	-0.249	0.814**	0.758**	0.640*	0.891**	0.025	0.843**	1.000

\*\*表示在 0.01 水平上显著相关;\*表示在 0.05 水平上显著相关

2.3 雪茄茄苳烟叶关键中性呈香物质分析

对烟叶中 11 种 OAV>1 的中性香气成分进行主成分分析<sup>[30]</sup>,KMO 检验根据变量间简单相关系数和偏相关系数的关系来检验变量数据<sup>[31]</sup>。由表 4 可得 KMO 值为 0.590(>0.5),Bartlett 球度检验的相伴概率为 0.000(<0.05),说明烟叶中 OAV>1 的 11 种中性香气成分适合做主成分分析<sup>[31]</sup>。各主成分的特征值、方差贡献率、和累计方差贡献率见表 5,由表 5 可以看出,主成分分析提取了前两个关键主成分,其中主成分 1 的累计贡献率达到 57.667%,主成分 2 的累计贡献率为 38.533%,2 个主成分的累计贡献率为 96.201%(>90%),表明 2 个主成分构成的信息能够反映原来变量的大部分信息。在图 2 中,大椭圆( $R^2=1.0$ )表示 100%的解释方差,小椭圆

( $R^2=0.5$ )表示 50%的解释方差,如果有成分处于小椭圆之中,说明此成分不能被主成解释<sup>[28]</sup>。11 种中性香气成分均在大椭圆的附近,说明能够被主成解释,也表明这些中性香气成分对雪茄烟叶的香气均有贡献。各变量对主成分的影响可用载荷表示,载荷绝对值越大,其影响越大<sup>[32]</sup>。在图 3 中,以各主成分载荷绝对值在 0.95 以上的香气成分作为雪茄烟叶中的关键呈香物质。根据两个主成分中载荷值的大小依次为:苯甲醛、4-乙烷基愈创木酚、苯乙醛、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2,其中苯甲醛、苯乙醛的香气类型主要为甜香、果香、花香等;4-乙烷基愈创木酚、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2 的香气类型为木香、清香等。



表 4 雪茄烟叶主要中性香气 OAV 的 KMO 和 Bartlett 球度检验		
检验方式	检验结果	
KMO 检验	0.590	
Bartlett 球度检验	近似卡方	325.235
	自由度	55
	显著性	0.000

表 5 两个主成分的特征值及贡献率			
成分	特征值	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%
PC1	6.498	57.667	57.667
PC2	4.084	38.533	96.201

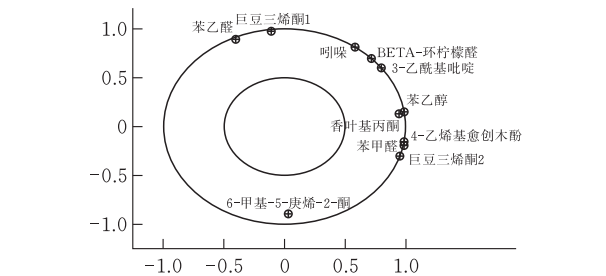


图 2 雪茄烟叶中主要香气成分主成分分析载荷

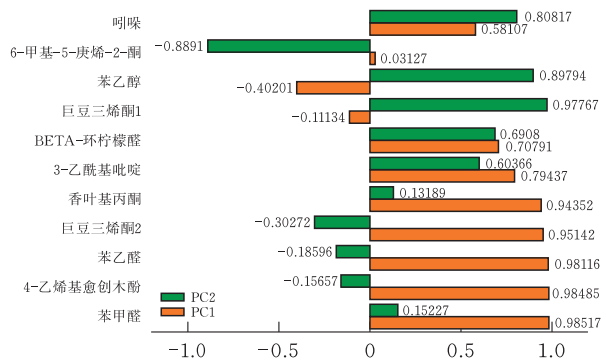


图 3 雪茄烟叶中主要香气成分主成分分析的载荷值

3 结论

恩施雪茄茄芯中 11 种 OAV>1 的主要中性香气物质存在着复杂的相互作用。本文运用 OAV 结合 PCA 的方法,最终确定苯甲醛、4-乙基愈创木酚、苯乙醛、巨豆三烯酮 1、巨豆三烯酮 2 为恩施茄芯烟叶中性香气的关键呈香物质。烟叶发酵过程中关键呈香物质含量的变化对烟叶香气品质具有重要影响,可用来评价恩施茄芯烟叶发酵后的品质。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 陈栋,李猛,王荣浩,等. 国产雪茄茄芯烟叶研究进展[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2019, 40(01): 83-90.

[2] 万德建,吴创,杜佳,等. 雪茄烟叶发酵方法研究进展[J]. 山西农业科学, 2017, 45(07): 1211-1214.

[3] 吴彦辉,白静科,李建华,等. 河南浓香型烟叶致香物

质及风格成因研究进展[J]. 现代农业科技, 2019(24): 207-211.

[4] 王颖,薛磊,郭志刚,等. 烟草中香气成分分析研究综述[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(11): 99-102.

[5] 岳翠男,秦丹丹,李文金,等. 基于 HS-SPME-GC-MS 和 OAV 鉴定浮梁红茶关键呈香物质[J]. 食品工业科技, 2022,43(09): 1-11.

[6] 胡安福,范武,夏倩,等. 卷烟主流烟气焦甜、奶香和豆香特征成分组群的分布特征和感官贡献[J]. 烟草科技, 2020, 53(12): 27-36.

[7] 范武,张启东,刘俊辉,等. 卷烟主流烟气酸香特征成分组群的分布特征及感官贡献[J]. 烟草科技, 2020, 53(01): 65-73.

[8] 杨靖,宋梦坤,杨鹏飞,等. 基于香气活力值的烤烟烟叶清(青)香风格特征分析[J]. 烟草科技, 2020, 53(01): 34-43.

[9] 钱蕾,杨程,侯亚龙. 基于主成分分析和聚类分析讨论不同桂花浸膏的香气品质[J]. 香料香精化妆品, 2021(05): 20-27.

[10] 潘玲,云月利,孙光伟,等. 湖北烤烟中性香气成分的主成分分析和聚类分析[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2016, 38(02): 127-134.

[11] 薛超群,蔡宪杰,宋纪真,等. 基于主成分分析和聚类分析的烤烟烟叶外观特征区域归类[J]. 烟草科技, 2018, 51(06): 34-41.

[12] 李萌,王旭东,罗昭标,等. 混菌固态发酵低次烟叶工艺优化及挥发性致香成分分析[J]. 河南农业科学, 2022, 51(09): 171-180.

[13] 覃明娟,陈森林,赵强忠,等. 植物乳杆菌在改善各产区烟叶品质中的应用[J]. 食品与机械, 2020, 36(05): 199-204,226.

[14] 乔保明,田煜利,刘学兵,等. 发酵温度对雪茄烟茄芯烟叶质量影响分析[J]. 中国科技信息, 2018(08): 39-40.

[15] YAO L, LI D, HUANG C, et al. Screening of Cellulase-producing bacteria and their effect on the chemical composition and aroma quality improvement of cigar wrapper leaves[J]. BioResources, 2022, 17(01): 1566-1590.

[16] ACREE T, BARNARD J, CUNNINGHAM D. A procedure for the sensory analysis of gas chromatographic effluents[J]. Food Chemistry, 1984, 14(04): 273-286.

[17] 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, 2021,37(01): 1-9.

[18] 刘俊辉,杨春强,范武,等. 卷烟烟气中 7 种香韵特征赋予组群的筛查[J]. 烟草科技, 2019, 52(04): 44-50.

[19] 茅中一,洪祖灿,刘加增,等. 基于香气活性值的福建尤溪烟叶提取物香气特征成分分析[J]. 烟草科技, 2020, 53(10): 56-65.

[20] 叶荣飞, 赵瑞峰. 烟草香气物质来源[J]. 广东农业科学, 2011, 38(05): 51-53.

[21] 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(04): 30-36.

[22] 于航, 刘砚婷, 尚梦琦, 等. 基于致香成分分析的雪茄烟产地间差异[J]. 烟草科技, 2021, 54(09): 58-71.

[23] PATTON S. A method for determining significance of volatile flavor compounds in foods[J]. Food Research, 1957, 22(03)316-318.

[24] 郭兆阳, 刘钟熊, 李何. 主成分分析 OAV 值评价白酒风味组分的研究[J]. 食品工业, 2011, 32(07): 79-83.

[25] 倪伟, 陈开波, 徐志强, 等. 使用 GC/MS 和 GC-O 鉴定皖南烟叶主要呈香组分[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(06): 137-143.

[26] 刘哲. 基于香气活力值的烟叶、卷烟、烟草添加剂主要香气成分研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2020.

[27] 沈进. 陈化烟叶致香成分分析及陈化烟香仿制研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2014.

[28] WANG Z H, YUE C N, TONG H R. Analysis of taste characteristics and identification of key chemical components of fifteen Chinese yellow tea samples[J]. Journal of food science and technology, 2021, 58(04): 1378-1388.

[29] HAMILTON E I. Compilation of odour threshold values in air and water: edited by L. J. van Gemert and A. H. Nettenbreijer, National Institute for Water Supply, Voorburg, The Netherlands, 1977. Price: Dfl. 22.00 [J]. The Science of the Total Environment, 1978, 9(3): 300-301.

[30] ZHANG K, YANG J, QIAO Z, et al. Assessment of  $\beta$ -glucans, phenols, flavor and volatile profiles of hull-less barley wine originating from highland areas of China[J]. Food Chemistry, 2019, 293: 32-40.

[31] 解坤, 张俊芳. 基于 KMO-Bartlett 典型风速选取的 PCA-WNN 短期风速预测[J]. 发电设备, 2017, 31(02): 86-91.

[32] 蔡海兰, 杨普香, 朱凤新, 等. 基于主成分和聚类分析的浮梁红茶品质评价[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(16): 100-104.

## Analysis of Key Aroma Compounds in Filler Leaves based on OAV and PCA

MAO Yahao<sup>1</sup>, DING Jingyi<sup>1</sup>, YU Jun<sup>1</sup>, WANG Zhi<sup>1</sup>, CHEN Xiong<sup>2</sup>, YANG Chunlei<sup>2</sup>, YAO Lan<sup>1</sup>  
(1 *Key Laboratory of Fermentation Engin., Ministry of Education, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China;*  
2 *Hubei Provincial Key Laboratory of Industrial Microbiology, Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068, China;*  
3 *Hubei Tobacco Research Institute, Wuhan 430030, China*)

**Abstract:** In order to screen the key aroma substances of cigar filler leaves from Enshi, two groups of treatments on the cigar filler leaves after drying were performed: sterile water, or *Bacillus megaterium* m1 plus the medium was mixed evenly with cigar filler leaves and then fermented for 18 days. The neutral aroma components in cigar filler leaves were determined by GC-MS, and the key aroma components were screened by the combination of Odor Activity Value (OAV) and Principal Component Analysis (PCA). The result showed that a total of 30 neutral aroma components were detected from cigar filler leaves, including 11 ketones, 5 alcohols, 1 ester, 2 heterocycles, 1 olefin, 8 aldehydes, and 2 phenols Ketones are more abundant than other types of components, and olefins are the highest in content. Among the volatile components, 11 kinds of OAVs are greater than 1. Finally, benzaldehyde, 4-vinylguaiaicol, phenylacetaldehyde, megastigmatrienon1 and megastigmatrienon 2 were selected as the key aroma compounds of neutral aroma components in cigar filler leaves from Enshi. The results of this study provide a theoretical basis for analyzing the characteristic aroma style and quality-oriented regulation of Enshi cigar filler leaves.

**Keywords:** Cigar filler leaves; Neutral aroma; OAV; PCA

[责任编辑: 张 众]