



杨淋,刘路路,姬凌波,等. 两种雪茄烟分段烟气香气成分及香气特征差异分析[J]. 轻工学报,2024,39(1):87-96.
YANG L,LIU L L,JI L B,et al. Differential analysis of aroma compounds and aroma profiles of segmented smoke of two types of cigar[J]. Journal of Light Industry,2024,39(1):87-96.
DOI:10.12187/2024.01.011

两种雪茄烟分段烟气香气成分及香气特征差异分析

杨淋¹,刘路路²,姬凌波¹,姜晨曦¹,蒋忠荣²,杨振²,徐恒³,胡军^{1,2}

1. 中国烟草总公司郑州烟草研究院,河南 郑州 450001;
2. 四川中烟工业有限责任公司 雪茄烟技术创新中心,四川 成都 610101;
3. 四川中烟工业有限责任公司 技术中心,四川 成都 610066

摘要: 为探究雪茄烟前、中、后3段烟气的差异性,采用气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对长城2号和蒙特4号两种雪茄烟分段烟气香气成分进行检测,结合感官评价和气味贡献权重对雪茄烟香气特征进行研究,并基于偏最小二乘判别分析(PLS-DA)法筛选雪茄烟中关键差异香气成分。结果表明:抽吸过程中烟支变短、截留效果减弱,雪茄烟烟气中香气成分的数量和释放量整体呈增加趋势;在雪茄烟气味贡献权重中,随着抽吸的进行,长城2号的豆香和木香减弱、咖啡香增强,蒙特4号的豆香减弱、辛香增强,这些气味的权重变化与感官评价结果具有一致性;长城2号中引起香气特征变化的有 γ -己内酯、糠酸、苯乙酮、苯乙酸、2,6-二甲基吡嗪等12个关键差异香气成分,蒙特4号中引起香气特征变化的有雪松醇、2-甲基丁醛、4-乙基愈创木酚、愈创木酚、 γ -壬内酯等11个关键差异香气成分。该研究结果反映了雪茄烟抽吸过程中烟气成分变化规律,并解释了抽吸过程中风味变化的原因。

关键词: 雪茄烟;分段烟气;香气成分;香气特征;气味贡献权重

中图分类号: TS453 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2024)01-0087-09

0 引言

雪茄烟是一种拥有独特香味和文化属性的烟草制品,因具有香气醇厚丰富、劲头大、吃味浓、焦油含量低等特点而备受关注^[1-2]。香气特征是雪茄烟品质的核心部分,香气成分构成是雪茄烟香气特征和感官品质的物质基础。近年来,有关雪茄烟香气成

分的报道主要涉及不同产地、品种雪茄烟叶致香成分差异性分析^[3-7],种植、采收、晾制、发酵技术对雪茄烟叶致香成分的影响^[8-15],以及成品雪茄烟烟叶香气成分分析^[16-18],而有关雪茄烟烟气中香气成分分析的报道较为少见。

在抽吸过程中雪茄烟的风味是变化的,普通的茄客们在抽吸时也会对雪茄烟前、中、后段的抽吸感

收稿日期:2023-11-06;修回日期:2024-01-02;出版日期:2024-02-15

基金项目:国家烟草专卖局科技重大专项项目(110202101010(XJ-02))

作者简介:杨淋(1999—),女,重庆市人,中国烟草总公司郑州烟草研究院硕士研究生,主要研究方向为烟草香精香料。
E-mail:yanglin990615@163.com

通信作者:胡军(1972—),男,河南省信阳市人,中国烟草总公司郑州烟草研究院研究员,主要研究方向为天然香料开发、烟用香料开发应用、香精香料质量控制。E-mail:huj@ztri.com.cn

觉进行描述性评价,一些雪茄烟品鉴专家组在感官评吸时开展了关于雪茄烟前、中、后段香气变化的评价,文献[19]提出了丰富性这一评价指标,主要反映雪茄烟前、中、后段香气的层次变化。然而,有关雪茄烟前、中、后段烟气香气成分构成特点及其变化趋势鲜见报道。

鉴于此,本文拟以蒙特4号和长城2号为研究对象,采用GC-MS联用技术对前、中、后3段烟气香气成分构成特点进行分析,进而结合感官评价和气味贡献权重对其香气特征进行研究,并通过偏最小二乘判别分析(PLS-DA)法筛选抽吸过程中引起香气特征变化的关键差异香气成分,以期为雪茄烟的风格特征强化和新产品开发提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

主要材料:长城2号(长度130 mm,环径43 mm,出厂年份2019年),四川中烟工业有限责任公司;蒙特4号(长度129 mm,环径42 mm,出厂年份2018年),古巴雪茄有限公司。

主要试剂:二氯甲烷(色谱纯),德国Merck公司;丙酸苏合香酯(纯度98%,内标)、(*E*)-3-己烯酸(纯度98%,内标),美国Acros Organic公司; C_7 — C_{30} 饱和烷烃(混标)、乙酸(纯度99%)、异戊酸(纯度98%)、3-甲基戊酸(纯度97%),美国Sigma Aldrich公司;2,3-丁二酮(纯度98%)、异戊醛(纯度98%),中国J&K公司;2-甲基丁醛(纯度98%)、丙酸(纯度99%)、辛酸(纯度98%)、苯甲酸(纯度99%)、肉豆蔻酸(纯度99%)、棕榈酸(纯度97%),日本TCI公司;N,O-双(三甲基硅基)三氟乙酰胺(BSTFA,纯度>99%),美国Regis Technologies公司。

主要仪器:7895A/5957C型气相色谱-质谱联用仪,美国Agilent公司;SM410-CV型雪茄烟吸烟机,英国Cerulean公司;HY-5型振荡器,金坛中大仪器厂;ME204电子天平(感量0.000 1 g),瑞士Mettler Toledo公司;R-210型旋转蒸发仪,瑞士Büchi公司;0.22 μ m滤膜,中国天津津腾公司。

1.2 实验方法

1.2.1 雪茄烟分段感官评价

以坚果香、豆香、咖

啡香、可可香、木香、辛香、果香、清甜香、焦甜香、蜜甜香、花香、奶香、树脂香、干草香、皮革香15种香气为评价指标,由6位评吸专家对两种雪茄烟的分段烟气进行打分并计算各单项指标平均得分,采用5分制,0~5分分别代表无、弱、较弱、中等、较显著、显著6个香气层级。

1.2.2 雪茄烟分段抽吸方法 按照文献[20]的要求,将雪茄烟样品置于温度(22 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度(60 ± 5)%的环境中平衡72 h以上。按照文献[21]的要求,标记烟蒂长度,根据雪茄烟直径计算抽吸容量并准备夹持器,抽吸间隔为40 s,抽吸持续时间为1.5 s,在此条件下,用剑桥滤片捕集3支雪茄烟分段烟气(如图1所示)的粒相物,将3支雪茄烟的前、中、后段烟气分别捕集在3张滤片上,待测。



图1 雪茄烟分段示意图

Fig. 1 Schematic diagram of cigar segmentation

1.2.3 GC-MS检测方法 基于酸性化合物检测的样品前处理:雪茄烟抽吸完毕后,取一张剑桥滤片置于100 mL具塞锥形瓶中,加入20 mL二氯甲烷、300 μ L质量浓度为1.16 mg/mL的(*E*)-3-己烯酸溶液,振荡萃取30 min,将萃取液经针式过滤器过滤后,取1 mL置于色谱瓶中并加入100 μ L BSTFA,于60 $^{\circ}\text{C}$ 水浴条件下衍生50 min,待冷却后进样,平行测定3次。

基于其他化合物检测的样品前处理:雪茄烟抽吸完毕后,取一张剑桥滤片置于100 mL具塞锥形瓶中,加入20 mL二氯甲烷、300 μ L质量浓度为0.92 mg/mL的丙酸苏合香酯溶液,用密封膜密封,振荡萃取30 min,将萃取液浓缩至1 mL,用滤膜过滤后进行GC-MS分析,平行测定3次。GC-MS检测条件如下。

1) GC条件。酸性化合物:进样量为1 μ L,进样口温度为270 $^{\circ}\text{C}$,分流比为10:1;载气为氦气,流速1 mL/min。色谱柱为DB-5 MS石英毛细管柱(60 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25 μ m);程序升温起始温度为

50 ℃,以 4 ℃/min 的速率升温至 280 ℃,保持 5 min。

其他化合物:进样量为 1 μL,进样口温度为 270 ℃,分流比为 10:1;载气为氦气,流速为 1 mL/min。色谱柱采用两种不同极性色谱柱,DB-5 MS 石英毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm),程序升温起始温度为 50 ℃,以 2 ℃/min 的速率升温至 250 ℃,再以 5 ℃/min 的速率升温至 280 ℃,保持 5 min;DB-FFAP 毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 μm),程序升温起始温度为 50 ℃,以 5 ℃/min 的速率升温至 110 ℃,再以 2 ℃/min 的速率升温至 230 ℃,保持 10 min。

2)MS 条件。采用电子轰击离子源(EI),电离能量为 70 eV;离子源温度为 230 ℃;传输线温度为 290 ℃;扫描方式为全扫描;扫描范围为 35~400 amu;溶剂延迟时间分别为 DB-5 MS 柱 5 min, DB-FFAP 柱 8 min。

3)定性定量分析。MS 结果通过与 NIST17 谱库比对检索,结合保留指数、标品进样等信息对化合物定性,定量方法为相对定量,假定校正因子为 1,计算方法见下式:

$$\rho_a = \frac{A_a}{A_{IS}} \times \frac{C_{IS} \times V_{IS}}{(M_t - M_b)}$$

式中: ρ_a 为化合物的释放量/(μg·g⁻¹); C_{IS} 为内标物的体积浓度/(mg·mL⁻¹); V_{IS} 为内标物的体积/μL; A_{IS} 为内标物的峰面积; A_a 为挥发性成分峰面积; M_t 是燃烧前雪茄烟质量/g; M_b 是燃烧后所剩烟蒂的质量/g。

1.2.4 气味贡献权重分析 雪茄烟风味特征的形成不完全取决于香气成分释放量水平,还与该成分的嗅觉阈值相关,通常具有较高气味活度值的香气成分能赋予烟气更多的香气特征^[22]。为描述雪茄烟分段烟气的风味特征变化,依据气味活度值理论,基于香气成分释放量数据,结合化合物嗅觉阈值信息^[23-25],计算每种香气成分的气味活度值,并根据化合物的气味属性进行分组,得到气味特征贡献占比,对抽吸过程中雪茄烟气味贡献权重的变化进行分析与讨论。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据统计;采用

OriginPro 2021 进行图形绘制;采用 SPSS 23.0 进行单因素方差分析(Analysis of Variance, ANOVA);采用 SIMCA 14.1 软件进行 PLS-DA 分析,计算预测变量重要性投影(Variable Importance in Projection, VIP);采用 TBtools 绘制热图。

2 结果与讨论

2.1 感官评价结果

雪茄烟分段烟气感官评价雷达图如图 2 所示。由图 2 可知,在持续的抽吸过程中,长城 2 号中豆香、木香、花香减弱,咖啡香增强;蒙特 4 号中豆香、坚果和皮革香减弱,而辛香和焦甜香增强,抽吸过程中雪茄烟香气特征呈现动态变化。进一步比较两种雪茄烟的香气特征差异发现,长城 2 号微带花香,坚果香香气特征更强;蒙特 4 号辛香和皮革香香气特征更强。

2.2 雪茄烟分段烟气香气成分的变化

雪茄烟分段烟气中香气成分分析结果如表 1 所示。由表 1 可知,两种雪茄烟烟气中共检出 95 种香

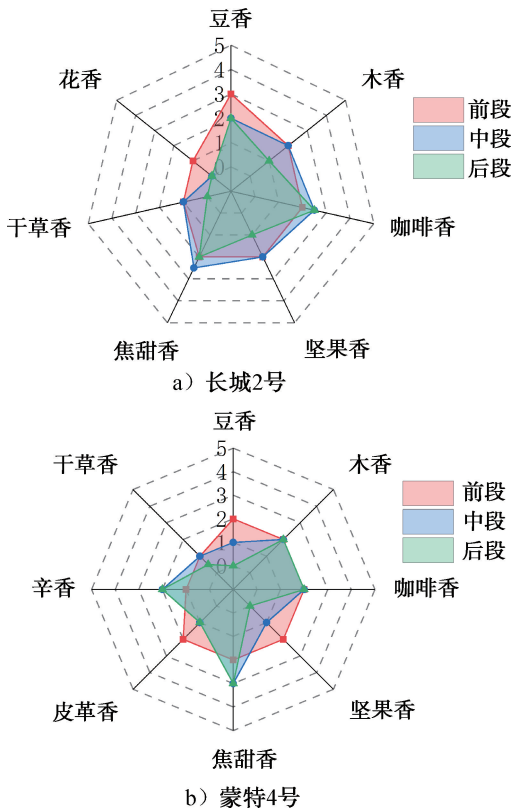


图 2 雪茄烟分段烟气感官评价雷达图
Fig. 2 Radar charts for sensory evaluation of segmented smoke of cigars

表 1 雪茄烟分段烟气中香气成分分析结果
Table 1 Comparison of the release of aroma components in segmented smoke of cigars

种类	化合物	长城 2 号香气成分释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			蒙特 4 号香气成分释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			气味特征	嗅觉阈值/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
		前段	中段	后段	前段	中段	后段		
醇类 (4 种)	糠醇	1.66±0.16	2.59±0.53	5.90±0.69	1.63±0.04	2.56±0.25	4.20±0.43	焦甜香	4.500 5
	苯乙醇	0.65±0.03	0.99±0.12	1.38±0.06	0.55±0.05	0.77±0.06	1.00±0.18	花香、甜香	0.564 23
	雪松醇	0.26±0.05	0.22±0.04	0.16±0.04	1.83±0.26	1.38±0.04	1.38±0.18	木香	0.000 5
	植物醇	8.16±0.29	11.26±1.02	22.44±1.66	12.50±1.44	15.40±1.74	24.21±1.50	脂香和弱花香	0.64
	合计	10.73±0.15	15.07±1.50	29.87±1.16	16.52±1.22	20.12±1.97	30.79±1.91		
酮类 (20 种)	2,3-丁二酮	3.25±0.85	4.43±0.44	3.52±0.34	4.15±0.94	5.17±1.38	4.01±0.87	奶香	0.006
	2-戊酮	2.32±0.28	2.36±0.25	3.12±0.21	2.71±0.18	2.76±0.54	3.07±0.41	果香	1.38
	2,3-戊二酮	0.42±0.07	0.53±0.10	1.04±0.09	0.61±0.04	1.10±0.25	0.71±0.15	奶香	0.03
	环己酮	0.19±0.04	0.34±0.09	0.96±0.07	0.22±0.02	0.31±0.07	0.52±0.10	药草香、清凉感	0.67
	2-甲基-2-环戊烯-1-酮	0.28±0.04	0.60±0.12	3.34±0.32	0.22±0.03	0.79±0.17	1.14±0.12		
	3-甲基-2-环戊烯-1-酮	0.42±0.10	1.12±0.15	4.24±0.44	0.32±0.07	0.67±0.11	1.66±0.19	焦甜香、苦杏仁香	
	甲基环戊烯醇酮	2.18±0.16	2.15±0.16	2.08±0.26	1.71±0.32	2.09±0.11	2.27±0.23	焦甜香	0.3
	苯乙酮	0.18±0.02	0.19±0.04	0.87±0.08	0.13±0.02	0.27±0.05	0.48±0.11	花香、甜香	0.065
	乙基环戊烯醇酮	1.04±0.13	1.39±0.23	1.95±0.04	1.45±0.19	1.97±0.46	2.43±0.94	焦甜香	5
	植酮	6.17±0.34	8.65±1.15	14.29±0.84	4.78±0.56	7.86±1.30	10.67±0.52	清香	
	2,3-己二酮	0.07±0.02	0.17±0.05	0.25±0.02	0.16±0.03	0.31±0.09	0.24±0.12	奶香、甜香	
	3,4-己二酮	0.05±0.02	0.13±0.01	0.21±0.03	0.10±0.01	0.19±0.08	0.25±0.10	奶香、甜香	
	3-羟基-2-丁酮	0.03±0.01	0.07±0.03	0.50±0.13	—	0.11±0.02	0.24±0.11	奶香、甜香	0.014
	过氧化乙酰丙酮	0.16±0.05	0.37±0.09	1.17±0.12	0.17±0.06	0.16±0.05	0.83±0.14		
	异佛尔酮	—	0.05±0.02	0.15±0.03	0.09±0.01	0.20±0.07	0.42±0.06	药草香、甜香	11
	茄尼酮	2.12±0.73	3.55±0.95	7.38±1.07	2.56±1.11	3.98±1.09	7.31±1.45		
	4-甲基苯乙酮	0.12±0.01	0.17±0.04	0.84±0.15	0.18±0.01	0.23±0.06	0.34±0.14	花香、甜香、苦杏仁香	0.021
	香叶基丙酮	1.42±0.19	1.91±0.29	5.44±0.7	0.87±0.19	1.56±0.25	2.28±0.80	花香	0.06
	巨豆三烯酮	1.14±0.10	1.51±0.18	2.65±0.32	1.95±0.13	2.01±0.23	2.93±0.29	药草香、清香、甜香	
	金合欢基丙酮	5.52±0.84	5.62±0.36	6.85±0.50	4.50±0.61	5.17±1.02	7.89±1.22	花香	
	合计	27.07±2.76	35.30±3.92	60.84±2.08	26.88±2.20	36.91±4.83	49.70±5.64		
醛类 (3 种)	异戊醛	0.16±0.05	0.29±0.06	0.63±0.12	0.12±0.02	0.27±0.08	0.62±0.07	果香	0.001 1
	2-甲基丁醛	0.20±0.04	0.37±0.07	0.92±0.07	0.22±0.02	0.32±0.04	1.27±0.17	咖啡香、可司香、坚果香	0.001
	苯甲醛	0.46±0.12	0.55±0.04	1.29±0.12	0.47±0.07	0.68±0.04	0.94±0.07	坚果	0.750 89
	合计	0.82±0.18	1.2±0.10	2.84±0.23	0.81±0.09	1.26±0.13	2.83±0.27		
酚类 (8 种)	苯酚	8.66±0.56	16.86±0.5	24.62±1.35	8.50±0.50	11.74±1.06	15.04±1.06	烟熏味、橡胶味	58.585 25
	邻甲酚	2.51±0.15	4.89±0.40	9.35±0.58	4.03±0.37	3.96±0.27	6.28±0.46	烟熏味	1.4
	对甲酚	11.40±1.38	18.09±1.75	34.94±3.76	10.88±0.58	14.98±0.92	20.71±2.18	烟熏味、动物味	0.003 9
	愈创木酚	0.74±0.08	1.16±0.16	1.92±0.09	0.66±0.04	0.94±0.12	2.26±0.28	辛香、烟熏味	0.000 84
	2,4-二甲基苯酚	2.93±0.26	5.23±0.55	7.75±0.50	3.01±0.16	4.29±0.51	7.02±0.80	烟熏味	0.4
	2,6-二甲基苯酚	1.57±0.43	1.66±0.11	2.2±0.18	1.49±0.18	1.78±0.18	2.91±0.24	烟熏味	0.4
	4-乙基苯酚	4.60±0.55	8.63±0.90	18.18±1.03	6.77±0.52	11.66±1.12	14.50±1.14	烟熏味	0.013
	4-乙烯基愈创木酚	1.24±0.07	1.44±0.16	2.61±0.12	1.75±0.13	2.45±0.36	2.71±0.36	辛香、烟熏味	0.012 02
	合计	33.66±2.86	57.96±3.47	101.57±6.96	37.08±1.06	51.80±4.40	71.43±5.68		
酸类 (11 种)	乙酸	77.46±6.91	151.34±3.90	229.05±28.16	111.47±14.32	139.74±7.00	235.05±21.84	酸香	99
	丙酸	5.27±0.91	12.33±1.20	17.23±1.16	13.10±3.07	17.16±4.16	22.81±3.84	酸香	2.19
	3-甲基戊酸	14.75±0.91	17.17±0.73	20.91±1.31	17.62±2.54	25.57±4.32	25.07±4.33	酸香	0.28
	乳酸	15.08±0.58	21.84±1.22	26.96±3.49	—	3.32±0.72	7.16±1.04	微弱香气,略涩,略酸	
	糠酸	13.60±2.40	18.78±1.43	19.89±2.58	—	—	—	焦糖香	18
	苯甲酸	12.38±1.83	16.51±2.07	24.25±3.31	2.09±0.57	3.74±0.47	11.79±1.73	微有类似安息香	340
	辛酸	2.67±0.26	3.54±0.59	5.27±1.04	2.39±0.47	3.77±0.48	3.36±0.54	奶酪香	3
	苯乙酸	12.70±1.90	19.25±2.23	25.50±0.31	13.44±0.91	16.42±1.08	19.07±2.41	焦糖香、蜂蜜香	0.1
	肉豆蔻酸	7.72±0.91	9.77±0.82	14.43±0.92	8.05±0.66	8.65±1.44	11.38±1.57	微弱蜡香、奶香	10
	棕榈酸	103.83±8.65	125.05±8.38	182.18±15.94	115.02±1.50	145.88±10.72	185.09±20.62	甜的蜡酯香	10
	油酸	21.52±2.05	32.43±9.25	50.56±11.20	13.58±1.41	17.28±1.94	19.09±1.79		
	合计	287.00±7.88	428.01±9.02	616.23±17.60	296.75±20.52	381.53±28.03	539.86±53.85		
酯类 (4 种)	二氢猕猴桃内酯	1.02±0.06	1.23±0.22	2.62±0.35	0.73±0.11	1.30±0.23	2.32±0.23	木香、麝香	0.5
	香紫苏内酯	4.88±0.70	6.08±0.76	8.75±0.58	3.58±0.71	6.69±1.30	11.64±1.43	木香、甜香	
	γ -己内酯	0.23±0.01	0.37±0.06	0.40±0.02	0.25±0.05	0.30±0.03	0.35±0.05	豆香、奶香	0.26
	γ -壬内酯	0.16±0.01	0.19±0.02	0.23±0.01	0.20±0.02	0.24±0.01	0.25±0.02	豆香、奶香	0.009 7
	合计	6.28±0.67	7.86±0.96	12.00±0.84	4.76±0.86	8.53±1.55	14.56±1.68		

续表 1

种类	化合物	长城 2 号香气成分释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			蒙特 4 号香气成分释放量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)			气味特征	觉察阈值/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
		前段	中段	后段	前段	中段	后段		
生物碱类 (6 种)	烟碱	481.48±66.78	726.12±56.44	1 103.76±67.29	283.16±61.01	505.44±42.84	703.53±48.64		
	麦司明	20.53±0.91	27.62±1.21	47.05±2.33	12.62±1.93	13.20±1.56	22.85±2.05		
	二烯烟碱	18.53±0.15	26.16±2.91	44.49±2.51	8.65±0.45	13.64±1.26	21.51±1.54		
	新烟草碱	4.18±0.51	7.37±1.15	10.70±1.35	3.83±0.64	5.89±0.87	6.52±0.88		
	2,3'-联吡啶	27.50±2.79	36.17±4.21	63.20±2.46	21.85±0.87	31.02±1.16	47.16±2.44		
	可替宁	34.44±1.86	39.82±2.83	63.29±6.71	20.37±2.48	23.17±2.30	37.48±3.12		
	合计	586.66±70.26	863.25±67.29	1 332.49±80.59	350.50±59.87	592.36±45.36	839.06±57.77		
杂环类 (27 种)	吡啶	0.14±0.03	0.19±0.02	0.78±0.08	0.05±0.01	0.10±0.01	0.15±0.03	刺激性气味	2
	吡咯	0.35±0.16	0.45±0.15	2.49±0.13	0.33±0.04	1.40±0.21	2.98±0.43	坚果香	20
	2-甲基吡啶	—	—	0.67±0.06	—	—	0.70±0.16		
	2-甲基吡嗪	—	—	0.54±0.05	—	—	0.64±0.11	坚果香	30
	3-甲基吡啶	0.52±0.16	0.98±0.29	5.34±0.96	0.36±0.06	1.37±0.27	1.59±0.55	榛子香、土味	
	2,6-二甲基吡啶	—	—	0.39±0.05	—	—	0.26±0.11		
	2-乙酰基呋喃	—	0.11±0.02	0.66±0.08	—	0.15±0.02	0.25±0.07	坚果香	15.025 2
	2,6-二甲基吡嗪	—	0.06±0.01	0.99±0.11	—	0.24±0.12	0.35±0.10	咖啡香、炒花生香	0.718
	2-乙基吡嗪	—	—	0.20±0.03	—	—	0.18±0.03	坚果香	4
	2,3-二甲基吡嗪	—	—	0.39±0.04	—	—	0.38±0.11	坚果香	0.8
	2,5-二甲基吡咯	0.20±0.02	0.41±0.05	0.82±0.07	0.27±0.01	0.58±0.07	0.89±0.21		
	2,4-二甲基吡啶	0.13±0.05	0.19±0.03	1.34±0.13	0.09±0.03	0.34±0.06	0.58±0.05	坚果香	
	2,5-二甲基吡啶	0.06±0.01	0.12±0.02	1.14±0.20	0.14±0.04	0.13±0.03	1.09±0.31		
	2,3-二甲基吡啶	—	0.18±0.05	1.30±0.17	0.21±0.06	0.58±0.03	0.69±0.13		
	3-乙基吡啶	0.20±0.05	0.49±0.09	3.36±0.55	0.13±0.02	0.48±0.11	0.58±0.08	烟草味	
	4-乙烯基吡啶	0.66±0.05	1.21±0.18	6.03±0.36	0.40±0.07	1.12±0.13	1.81±0.39		
	2-乙基-6-甲基吡嗪	—	—	0.54±0.05	—	—	0.43±0.11	坚果香	0.04
	2-乙酰基吡咯	0.29±0.06	0.56±0.04	0.61±0.07	0.32±0.04	0.30±0.08	0.52±0.08	坚果香	58.585 25
	3-羟基吡啶	24.00±1.67	37.6±2.68	51.70±1.11	12.75±0.72	24.01±0.94	28.77±2.98		
	2,3-二氢苯并呋喃	8.76±0.31	10.78±0.65	17.63±0.26	5.96±0.49	8.73±1.20	10.03±0.67		
	吡嗪	12.68±0.49	19.60±0.85	30.08±0.62	14.48±0.24	17.21±1.32	23.83±1.93	花香,高浓度不良气息	
	3-甲基吡嗪	9.95±0.71	13.63±1.08	21.83±2.18	7.67±0.25	9.07±0.63	12.35±1.41	花香,高浓度不良气息	
	2-(3-吡啶基)1H-吡咯	6.72±0.61	8.04±0.66	17.54±0.46	6.12±0.55	6.93±0.60	13.75±1.12		
	9H-吡啶[3,4-b]吡嗪	7.77±0.92	10.27±1.21	19.50±1.16	8.49±0.48	9.68±0.96	11.71±0.69	木香、茉莉香	
	3-羟基-6-甲基吡啶	2.91±0.56	3.75±0.50	5.76±0.38	4.13±0.74	6.39±1.05	6.35±1.48		
	2,3,5-三甲基吡嗪	0.08±0.02	0.24±0.12	1.22±0.13	0.09±0.04	0.25±0.09	0.88±0.32	坚果香	0.350 12
	3-乙酰基吡啶	0.95±0.09	1.26±0.20	2.90±0.85	0.13±0.02	0.12±0.02	0.15±0.01	坚果香	
	合计	76.44±4.11	110.12±6.99	195.73±6.41	62.11±0.80	89.17±5.77	121.86±12.32		
烯烃类 (5 种)	苯乙烯	0.03±0.01	0.26±0.09	0.95±0.09	0.03±0.01	0.27±0.08	1.18±0.15	树脂香	0.065
	柠檬烯	0.08±0.00	0.14±0.03	0.27±0.05	0.17±0.01	0.35±0.04	0.50±0.08	果香	0.2
	新植二烯	44.03±4.87	55.61±2.92	86.96±5.29	58.48±4.65	79.41±6.25	113.52±4.82	清香	
	Δ -杜松烯	—	—	—	2.03±0.28	4.77±0.71	8.92±1.10	干木香,略有辛香和焦香	
	α -姜黄烯	—	—	—	0.88±0.23	1.85±0.36	3.22±1.12	姜香、甜香	
	合计	44.13±4.87	56.02±2.87	88.18±5.39	61.58±4.94	86.64±6.47	127.33±6.15		
烷烃类 (7 种)	十二烷	0.27±0.07	0.26±0.04	0.30±0.07	0.23±0.04	0.25±0.04	0.23±0.07		
	十四烷	0.24±0.02	0.31±0.04	0.59±0.08	0.28±0.10	0.30±0.08	0.45±0.08		
	十五烷	0.48±0.07	0.80±0.07	1.55±0.36	0.51±0.15	0.73±0.23	0.84±0.19		
	十九烷	0.48±0.08	1.03±0.23	1.87±0.25	0.53±0.12	0.96±0.16	1.73±0.12		
	二十烷	1.00±0.06	1.43±0.11	2.24±0.12	1.30±0.09	1.67±0.12	2.53±0.16		
	二十一烷	1.14±0.13	1.73±0.24	2.64±0.46	1.44±0.13	2.06±0.44	3.45±1.17		
	二十二烷	0.63±0.09	0.90±0.02	1.16±0.10	0.64±0.14	0.99±0.12	1.30±0.06		
	合计	4.23±0.44	6.47±0.64	10.35±1.14	4.93±0.50	6.95±0.88	10.52±1.66		
总计 (95 种)		1 077.03± 84.26	1 581.25± 90.23	2 450.11± 117.58	861.91±52.51	1 275.12± 87.04	1 808.20± 143.30		

注:—表示未检出,空白表示未检索到该项。

气成分,包括醇类化合物 4 种、酮类化合物 20 种、醛类化合物 3 种、酚类化合物 8 种、酸类化合物 11 种、酯类化合物 4 种、生物碱类化合物 6 种、杂环类化合

物 27 种、烯烃类化合物 5 种和烷烃类化合物 7 种。其中长城 2 号前、中、后 3 段烟气中分别检出 83 种、87 种和 93 种香气成分,蒙特 4 号前、中、后 3 段烟

气中分别检出 84 种、88 种、94 种香气成分。部分杂环类化合物如 2-甲基吡嗪、2-乙基吡嗪、2,3-二甲基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪、2,6-二甲基吡啶在两种雪茄烟前段和中段烟气中均未检出,在后段烟气中虽检出但释放量较低。长城 2 号分段烟气总释放量高于蒙特 4 号,两种雪茄烟分段烟气释放量由高到低均为后段>中段>前段。各类化合物释放量在抽吸过程中整体逐渐增大,这主要是抽吸过程中烟气流速变短,对烟气成分的截留作用减弱导致的^[26]。其中雪松醇释放量呈现下降趋势,这可能是因为存放过程中,雪茄烟逐渐吸收了盒子中雪松木片的油脂(主要成分为雪松醇)^[27],在其燃烧过程中,雪松醇在高温下发生逸散。

雪茄烟分段烟气中香气种类释放量占比如图 3 所示。由图 3 可知,长城 2 号烟气中生物碱释放量占比(约 52.00%)高于蒙特 4 号(约 43.00%),其中释放量最高的烟碱直接影响雪茄烟的生理强度和刺激性。酸类化合物可以调节烟气的酸碱度,降低烟气的刺激性,蒙特 4 号烟气中酸类化合物释放量占比(约 30.00%)高于长城 2 号(约 25.00%),且具有焦甜香的糠酸只在长城 2 号中被检出。蒙特 4 号中烯炔类化合物释放量占比(约 7.00%)高于长城 2 号(约 4.00%),这主要是具有柔和烟气、减轻刺激性作用的新植二烯的释放量差异较大所致。蒙特 4 号中醇类化合物雪松醇的释放量显著高于长城 2 号,与于航等^[4]的研究结果不一致,这主要是因为于航等比较的是 9 种国产雪茄烟与 24 种古巴雪茄

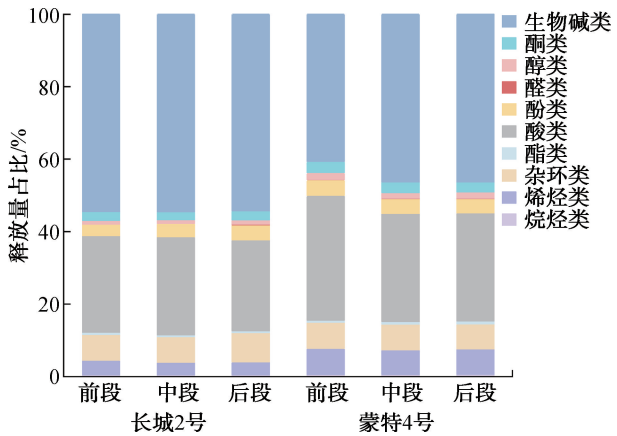


图 3 雪茄烟分段烟气中香气种类释放量占比
Fig. 3 Percentage of release of each aroma species in segmented smoke of cigars

烟的平均值,从单一类别来看,也存在古巴雪茄烟雪松醇释放量高于国产雪茄烟的情形。

抽吸过程中生物碱释放量占比呈现增加的趋势,长城 2 号由前段的 51.72%分别提升至中后段的 52.03%和 52.41%,蒙特 4 号则由 39.24%分别提升至 44.95%、45.28%。醇类化合物释放量占比呈现递减的趋势,而醛类化合物释放量占比呈现递增的趋势。由于各种化合物的沸点和结构差异,烟支路径对其截留效果不同,因此在前、中、后段烟气中,各类化合物释放量占比的变化反映了雪茄烟分段烟气中化学成分组成的变化,也是雪茄烟前、中、后段香气特征差异的物质基础。但各类化合物释放量占比变化不能完全解释雪茄烟 3 段烟气的感官评价结果差异,如生物碱释放量占比在 3 段中的变化较小,然而在雪茄烟实际抽吸过程中(尤其是在抽吸后段时),生物碱的苦味感会不断增强,造成这种差异的原因是,在抽吸过程中各类化合物(包括生物碱)的释放量是增加的,但部分化合物(如释放量较高的棕榈酸)能够通过调节烟气的酸碱性降低其刺激性,间接对感官评价结果造成影响。因此,雪茄烟抽吸时的实际感受除了与化合物的释放量有关,还与化合物的阈值有一定关系。

2.3 雪茄烟分段烟气香气特征分析

雪茄烟分段烟气气味贡献权重结果如表 2 所示。由表 2 可知,长城 2 号中花香贡献权重高于蒙特 4 号,长城 2 号中重要花香物质香叶基丙酮的香气活度值(由表 1 释放量和阈值计算得到)显著高于蒙特 4 号,使长城 2 号略带花香;蒙特 4 号中木香贡献权重高于长城 2 号,这是因为蒙特 4 号中雪松醇的释放量显著高于长城 2 号。

在所有的分段烟气中,烟熏香的气味贡献度最大,且在两种雪茄抽吸过程中其贡献占比均呈现增大的趋势。烟熏香主要来源于烟气中的酚类化合物(如对甲酚、邻甲酚、4-乙基苯酚等),在烟草制品中该香韵过于强烈,因些在感官评吸时往往将其作为背景而不作为评价指标^[28]。除烟熏香之外,气味贡献度较大的为木香,在雪茄烟抽吸过程中其贡献权重逐渐降低,这与感官评价中长城 2 号木香随抽吸过程减弱的结果一致,产生木香的主要化合物是雪

松醇,其具有比较温和的木香香气。辛香通常是指香料的香气,略带辛辣味,其贡献权重在蒙特4号中逐渐增大,与感官评价的结果一致。在两种雪茄烟中豆香贡献权重均呈现下降趋势,与感官评价的结果一致。焦甜香是感官评价中比较突出的香气特征,且在两种雪茄烟抽吸中香气越来越突出,但其OAV值和贡献权重较低,分析原因可能是释放量较低且嗅觉阈值也极低的焦甜香化合物未能被准确地检出。坚果香在两种雪茄烟抽吸过程中贡献权重均逐渐增大,而感官评价中坚果香均减弱,咖啡香呈现增加或保持不变的趋势,这种差异产生的主要原因是坚果香中主要贡献化合物是2-甲基丁醛,它是美拉德反应过程中产生的小分子Strecker醛类物质,具有咖啡香、可可香和坚果香,但在进行气味属性分组时仅简单将其归入坚果香组内,这与实际感官感受存在差异。感官评价与香气特征分析结果不完全一致,推测原因是OAV的计算是基于化合物释放量与嗅觉阈值,而感官评价是所有化合物综合作用的结果,不同香气成分之间可能存在协同或抑制作用^[29-30]。

2.4 雪茄烟分段烟气中关键差异香气成分筛选

为明确雪茄烟抽吸过程中引起香气特征变化的关键香气成分,本研究基于雪茄烟香气成分的释放量,采用PLS-DA进行分析,结果见图4。由图4可知,两种雪茄烟的3段烟气均能达到显著分离。建

表2 雪茄烟分段烟气气味贡献权重

Table 2 Weighting of odor contribution in segmented smoke of cigars %

气味特征	长城2号			蒙特4号		
	前段	中段	后段	前段	中段	后段
豆香	0.30	0.24	0.16	0.23	0.25	0.18
木香	8.79	5.02	2.06	40.21	26.24	18.43
坚果香	3.51	4.19	5.97	2.46	3.08	8.56
焦甜香	0.18	0.14	0.09	0.09	0.10	0.08
奶香	9.56	8.62	4.18	7.80	8.55	4.80
酸香	0.96	0.77	0.54	0.77	0.95	0.68
果香	2.45	2.96	3.68	1.18	2.32	3.80
花香	0.57	0.51	0.93	0.28	0.40	0.42
烟熏香	56.37	60.18	66.01	36.42	45.08	43.04
辛香	16.85	16.92	15.89	10.16	12.58	19.46
其他	0.46	0.44	0.48	0.38	0.44	0.53

立的关于长城2号的PLS-DA模型的 R^2X (自变量拟合指数)、 R^2Y (因变量拟合指数)和 Q^2 (模型预测能力)分别为0.933、0.989和0.922,建立的关于蒙特4号的PLS-DA模型的 R^2X 、 R^2Y 和 Q^2 分别为0.910、0.991和0.964,两个模型的 R^2 和 Q^2 均超过0.5,表示模型拟合结果可靠。经过200次置换检验, Q^2 回归线与纵轴的相交点小于0,说明该模型不存在过拟合现象,较可靠,可进行差异化合物筛选。

当变量投影重要性值(VIP)大于1时,表明变量对整体的贡献度较大。以 $VIP>1.00$ 、 $P<0.05$ 和 $OAV>1.00$ 为标准,筛选出雪茄烟分段烟气关键差异香气成分,其相对含量热图如图5所示。由图5可知,对长城2号模型分组贡献较大的差异香气成分有12种,分别为 γ -己内酯、糠酸、2,6-二甲基吡嗪、丙酸、苯乙酮、苯乙酸、乙酸、2,4-二甲基苯酚、4-甲基苯乙酮、苯乙醇、2-戊酮、 γ -壬内酯;对蒙特4号模型分组贡献较大的差异香气成分有11种,分别为辛酸、雪松醇、邻甲酚、 γ -壬内酯、2,3-戊二酮、

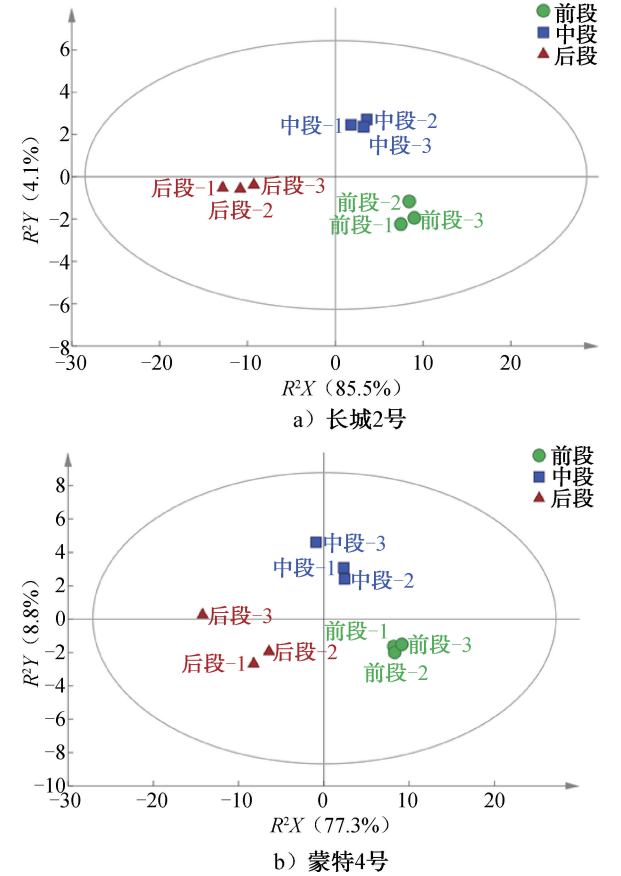


图4 雪茄烟分段烟气的PLS-DA图

Fig. 4 PLS-DA plots for segmented smoke of cigars

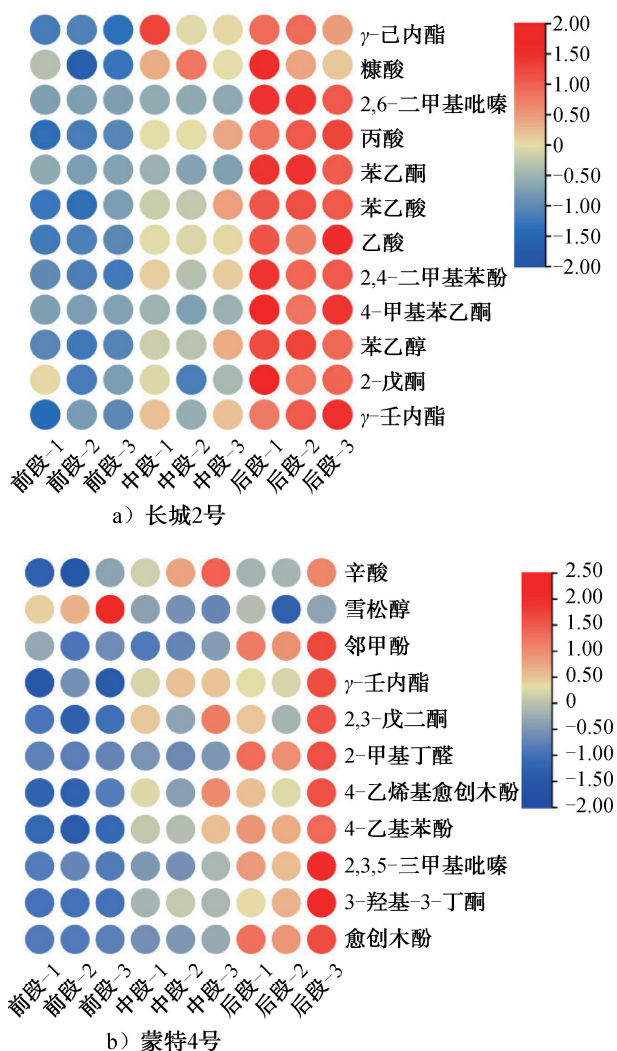


图5 雪茄烟分段烟气关键差异香气成分相对含量热图

Fig. 5 Heat map of key differential aroma components in segmented smoke of cigars based on the relative compound content

2-甲基丁醛、4-乙基愈创木酚、4-乙基苯酚、2,3,5-三甲基吡嗪、3-羟基-2-丁酮、愈创木酚。

这些差异香气成分是雪茄烟香气特征变化的关键香气物质。在感官评吸中,蒙特4号还呈现出皮革香减弱,但在关键差异香气成分中没有直接体现,因为皮革香不是一种单一的香气,而是复杂的混合香,如木香、烟熏味混合香调或烟草味、动物味混合香调,在蒙特4号分段烟气的关键差异香气成分中有大量烟熏香和木香成分,因此推测蒙特4号中的皮革香与木香和烟熏味成分有关。

3 结论

本文测定了两种具有一定代表性、尺寸较为相

近的雪茄烟(长城2号、蒙特4号)的分段烟气中香气成分释放量,结合感官评价结果和气味贡献权重分析,通过 PLS-DA 探究其抽吸过程中香气成分的变化规律,解析香气特征变化原因。结果表明:1) 随着抽吸的进行,烟支变短,截留效果减弱,醇类、酮类、醛类、酚类、酸类、酯类、生物碱类、杂环类、烯烃类和烷烃类化合物释放量在抽吸过程中均逐渐增大。由于化合物的沸点和结构不同,截留效果不同,分段烟气中各类化合物的占比不断发生变化,是雪茄烟3段烟气特征差异形成的物质基础。2) 长城2号分段烟气的豆香和木香贡献权重减弱,咖啡香贡献权重增强,蒙特4号分段烟气的豆香贡献权重减弱,辛香贡献权重增强,这些气味贡献权重变化与感官评价结果具有一致性。3) 雪茄烟前、中、后段烟气香气特征具有明显差异,引起长城2号香气特征变化的是 γ -己内酯、糠酸、苯乙酮、苯乙酸、2,6-二甲基吡嗪等12个关键差异香气成分,引起蒙特4号香气特征变化的是雪松醇、2-甲基丁醛、4-乙基愈创木酚、愈创木酚、 γ -壬内酯等11个关键差异香气成分。

本研究结果有助于了解雪茄烟抽吸过程中香气成分的构成,并进一步加深对该过程中香气特征变化的认识。未来可通过烟叶配伍、烟叶种植、调制、发酵等技术优化国产雪茄烟中生物碱类、酸类化合物与新植二烯的比例,强化关键差异香气成分,以进一步提高国产雪茄烟品质。

参考文献:

- [1] 李爱军,秦艳青,代惠娟,等. 国产雪茄烟叶科学发展刍议[J]. 中国烟草学报,2012,18(1):112-114.
- [2] 闫新甫,王以慧,雷金山,等. 国产雪茄分类探讨及其实际应用分析[J]. 中国烟草学报,2021,27(5):100-109.
- [3] 帖金鑫,张青松,李永生,等. 加拿大烟叶与云南 KRK26 烟叶香气成分差异分析[J]. 轻工学报,2023,38(5):74-82.
- [4] 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(9):58-71.
- [5] YAN T J,ZHOU P, LONG F, et al. Unraveling the difference in the composition/content of the aroma compounds in different tobacco leaves: For better use[J]. Journal of

- Chemistry, 2022, 2022; 3293899.
- [6] ZHENG T F, ZHANG Q Y, LI P H, et al. Analysis of microbial community, volatile flavor compounds, and flavor of cigar tobacco leaves from different regions [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2022, 13: 907270.
- [7] 施友志, 潘勇, 杜甫, 等. 基于 SHS/GC-IMS、OAV 值结合多元统计学的不同品种雪茄烟叶特征香气构成差异解析 [J]. *分析测试学报*, 2023, 42(6): 674–683.
- [8] 郭新枫. 调制温湿度条件对雪茄外包皮烟叶生理变化与理化特性的影响 [J]. *科技创新与应用*, 2013(21): 4.
- [9] 李一凡, 赵松超, 刘博远, 等. 采收时间对雪茄碳氮代谢关键酶活性和化学成分的影响 [J]. *中国农业科技导报*, 2019, 21(3): 126–132.
- [10] 姚芳, 王慧方, 徐世杰, 等. 施氮水平对海南茄衣中性致香物质含量的影响 [J]. *中国农学通报*, 2017, 33(16): 83–90.
- [11] 贾云, 胡婉蓉, 吕晋雄, 等. 雪茄烟叶发酵过程中微生物群落及功能微生物分析 [J]. *轻工学报*, 2023, 38(1): 71–78, 89.
- [12] 胡婉蓉, 蔡文, 李东亮, 等. 发酵介质对雪茄烟叶化学成分及微生物群落结构的影响 [J]. *轻工学报*, 2023, 38(1): 90–100.
- [13] 李欣燕, 王方玲, 张明月, 等. 干旱胁迫下保水剂对雪茄烟叶碳氮代谢和中性香气物质含量的影响 [J]. *浙江农业学报*, 2022, 34(12): 2610–2621.
- [14] 张倩颖, 罗诚, 李东亮, 等. 雪茄烟叶调制及发酵技术研究进展 [J]. *中国烟草学报*, 2020, 26(4): 1–6.
- [15] 李秀妮, 闫铁军, 吴风光, 等. 全球主要产地雪茄烟叶的风味特征初探 [J]. *中国烟草学报*, 2019, 25(6): 126–132.
- [16] 胡军, 余邦林, 姬凌波, 等. 基于 SHS-GC-MS 和 GC-IMS 的对两种雪茄烟挥发性香味成分的分析与研究 [J]. *中国烟草学报*, 2023, 29(2): 111–121.
- [17] 朱贝贝, 何声宝, 安泓为, 等. 国内外几种知名品牌雪茄化学及风格特征比较 [J]. *中国烟草学报*, 2023, 29(3): 115–124.
- [18] 余邦林, 徐恒, 姬凌波, 等. 国产雪茄烟挥发性成分质量分数和组成差异 [J]. *烟草科技*, 2023, 56(3): 61–69.
- [19] 徐波, 张博, 王剑, 等. 国产雪茄烟质量风格感官评价方法的建立与应用 [J/OL]. *烟草科技*, 1–11 [2024-01-05]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1137.TS.20231204.0947.006.html>.
- [20] 国家烟草专卖局. 雪茄烟 调节和测试的大气环境: YC/T 462—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [21] 国家烟草专卖局. 雪茄烟 用常规分析用雪茄烟吸烟机测定总粒相物和焦油: YC/T 463—2013 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [22] 吴金凤, 张燕, 高峰涵, 等. 不同烟支长度对加热卷烟烟气主要成分逐口释放量的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2023, 51(7): 200–203, 230.
- [23] LEI H P, LIANG F Y, WANG Y G, et al. Simultaneous determination of thujopsene and cedrol in cedarwood oils from *Platycladus orientalis* and *Thuja sutchuenensis* by GC-MS [J]. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2011, 14(1): 48–56.
- [24] YANG P, SONG H L, WANG L J, et al. Characterization of key aroma-active compounds in black garlic by sensory-directed flavor analysis [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(28): 7926–7934.
- [25] FRANKLIN L M, KING E S, CHAPMAN D, et al. Flavor and acceptance of roasted california almonds during accelerated storage [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2018, 66(5): 1222–1232.
- [26] XIAO L, LEE J, ZHANG G, et al. HS-SPME GC/MS characterization of volatiles in raw and dry-roasted almonds (*Prunus dulcis*) [J]. *Food Chemistry*, 2014, 151: 31–39.
- [27] VAN GEMERT L J. Compilations of odour threshold values in air, water and other media [M]. 2nd ed. Netherlands: Oliemans Punter & Partners BV, 2011.
- [28] 迟广俊, 柴国壁, 李小斌, 等. 卷烟主流烟气中吡啶和 3-甲基吡啶的香气作用分析 [J]. *烟草科技*, 2019, 52(9): 39–45.
- [29] CHEN C, LIU Z, YU H Y, et al. Characterization of six lactones in cheddar cheese and their sensory interactions studied by odor activity values and Feller's Additive Model [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2022, 70(1): 301–308.
- [30] TAKOI K, DEGUEIL M, SHINKARUK S, et al. Investigation of the chemical compositions in tobacco of different origins and maturities at harvest by GC-MS and HPLC-PDA-QTOF-MS [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009, 57(6): 2493–2502.

Differential analysis of aroma compounds and aroma profiles of segmented smoke of two types of cigar

YANG Lin¹, LIU Lulu², JI Lingbo¹, JIANG Chenxi¹, JIANG Zhongrong², YANG Zhen², XU Heng³, HU Jun^{1,2}

1. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China;

2. Cigar Technology Innovation Center, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu 610101, China;

3. Technology Center, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu 610066, China

Abstract: In order to investigate the differences of aroma components and aroma profiles in segmented smoke of cigars, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) was used to detect the aroma compounds of Great Wall No. 2 and Montecristo No. 4 cigars, supplemented by sensory evaluation and odor contribution weight to investigate the aroma characteristics of cigars, and the key aroma components in cigars were screened based on partial least squares discriminant analysis (PLS-DA). The results showed that the cigar was shorter, the interception effect was weakened, and the quantity and release of aroma components in cigar smoke were increased during smoking. In the odor contribution weight of segmented smoke of cigars, the bean and woody aromas of Great Wall No. 2 weakened and the coffee aroma increased as smoking proceeded, while the bean aroma of Montecristo No. 4 weakened and the spicy aroma increased. These changes in odor contribution weight were consistent with the results of the sensory evaluation. 12 key differential aroma components such as γ -hexalactone, 2-furoic acid, acetophenone, phenylacetic acid, 2,6-dimethylpyrazine were obtained during the smoking process of Great Wall No. 2, and 11 key differential aroma components such as cedrol, 2-methylbutyraldehyde, 2-methoxy-4-vinylphenol, guaiacol, γ -nonanolactone were obtained during the smoking process of Montecristo No. 4. The results of this study reflected the change rules of smoke composition in the smoking process of cigar and explained the reasons for the flavor changes in the smoking process of cigar.

Key words:cigar;segmented smoke of cigar;aroma compound;aroma profile;odor contribution weight

[责任编辑:吴晓亭]

(上接第 78 页)

The effect of mold on the fungal community structure during the industrial fermentation of cigar tobacco leaves

HUANG Kuo¹, ZHU Beibei², YE Changwen¹, ZOU Mengying³,
LI Dong¹, LI Dongliang², LI Qingchang¹, XUE Fang²

1. Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China;

2. Center of Technology Innovation for Cigar, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu 610066, China;

3. Great Wall Cigar Factory, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Deyang 618400, China

Abstract: To investigate the changes in fungal community structure with mold occurrence during the industrial fermentation of cigar tobacco leaves, Dexue No. 1 cigar tobacco leaf was chosen as the test material, and counting methods in microbiology and Illumina MiSeq high-throughput sequencing technology were used to analyze the changes in mold content and fungal community structure of normal and moldy cigar tobacco leaf samples during the industrial fermentation. The results indicated that compared to normal tobacco leaves, on the 30th day of fermentation, the mold content in moldy cigar tobacco leaves was the highest (8.3×10^4 CFU/g), the richness and diversity of species were the lowest, and the number of OTUs was the least. At the level of the phylum, Ascomycota was an absolute advantageous phylum on day 30 of fermentation, with an average relative abundance of 99.82%. At the level of the genus, *Aspergillus* was the main genus in the entire fermentation process, and the average relative abundance on day 30 of fermentation was the largest (92.32%). The 30 d mildewy cigar tobacco leaf and other samples had a significant difference in species composition compared to normal tobacco leaves. Among them, *Aspergillus* was both an advantageous genus and a differential genus, and the average relative abundance of various samples was the highest.

Key words:cigar tobacco leaves;industrial fermentation;fungal;mildew;community structure

[责任编辑:吴晓亭]