

两种品牌中支卷烟主流烟气化学成分差异性研究^①

许春平¹, 陈治岍¹, 郑凯², 薛云³,
李天笑¹, 梁永伟¹, 吴攀¹, 芦昶彤³

1. 郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 郑州 450000;

2. 河南中烟工业有限责任公司许昌卷烟厂, 河南 许昌 461000;

3. 河南中烟工业有限责任公司技术中心, 郑州 450016

摘要: 为了解不同品牌中支卷烟产品之间的烟气特征差异, 选取了广西中烟真龙品牌中支系列的 H 和 Y 品种以及河南中烟黄金叶品牌的 S, L, N 品种共 5 款市售卷烟进行研究, 用 GC/MS, GC 以及吸烟机对两种品牌中支卷烟主流烟气中的香气成分和烟气常规成分(烟碱、CO 和焦油含量)进行检测, 同时利用主成分分析和相关性分析方法寻求不同品牌中支卷烟风格差异, 明晰不同品牌中支卷烟烟气特征差异. 实验结果表明: ①通过主成分分析可知, 两种品牌卷烟在烟气香味成分上具有明显差异. 真龙品牌的 2 款卷烟香气以赋予烟气果香的针叶烯以及赋予烟气花香、木香特征的金合欢醇为主要香气特征; 而品种 S 以赋予烟气烟草本香及甜香的巨豆三烯酮、2, 3-二氢-3, 5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮为主要香气特征; 品种 L, N 以赋予烟气强烈花香的 3-羟基- β -二氢大马酮、丁香酚、5-羟甲基糠醛为主要香气特征. ②两种品牌卷烟均符合低焦油卷烟标准, 但黄金叶 3 款卷烟烟气常规成分含量基本高于真龙的 2 款卷烟. ③相关性分析表明每一款卷烟的烟气常规成分组间检测相似度均在 99% 以上, 说明 5 款卷烟烟气常规成分具有极强的稳定性; 品种 H 与其他卷烟烟气常规成分的相似度极低, 最低至 27.5%, 但品种 Y 与其他卷烟的烟气常规成分相似度极高, 尤其是与 L 的相似度达到 99.0% 以上, 说明烟气常规成分不能单独作为区分不同品牌卷烟的指标.

关键词: 中支卷烟; 烟气化学; 主成分分析; 相关性分析; 品牌

中图分类号: TS41

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2023)08-0103-10

Study on the Chemical Composition Differences of Demi-Slim Cigarette Smoke Between Two Brands

XU Chunping¹, CHEN Zhiqian¹, ZHENG Kai², XUE Yun³,
LI Tianxiao¹, LIANG Yongwei¹, WU Pan¹, LU Changtong³

1. School of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450000, China;

2. Xuchang Cigarette Factory of Henan China Tobacco Industry Co., Ltd., Xuchang Henan 461000, China;

3. Technical Center of Henan China Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China

Abstract: In order to understand the difference in smoke characteristics among different brands of demi-slim cigarettes, five commercial cigarettes, namely H and Y of Guangxi Zhenlong brand series and S, L

① 收稿日期: 2022-12-06

基金项目: 河南省重大公益科技专项(201300110200); 河南省科技创新团队计划(20IRTSTHN022).

作者简介: 许春平, 教授, 博士研究生导师, 主要从事香精香料和烟草工程研究.

通信作者: 芦昶彤, 工程师.

and N of Henan Huangjinye brand series, were selected for investigation. GC-MS, GC and smoking machine were used to detect the aroma components and conventional components (nicotine, CO and tar content) in the mainstream smoke of two brands of cigarettes. At the same time, principal component analysis and correlation analysis were used to find out the style differences of middle cigarettes of different brands, and to clarify the differences of smoke characteristics of demi-slim cigarettes of different brands. The experimental results showed that: ① According to the principal component analysis, the two brands of cigarettes have obvious differences in the aroma components of smoke; The main aroma characteristics of the two cigarettes of the brand Zhenlong are the acerone which endows the smoke with fruit aroma and the Acacia alcohol which endows the smoke with floral and woody characteristics; The main aroma characteristics of S are megastigmatrienone and 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4hvpyn-4-one, which give the tobacco smoke its own flavor and sweet flavor; L and N to give the flue gas a strong floral flavor of 3-hydroxy- β -damascone, eugenol and 5-hydroxymethyl furfural were the main aroma characteristics. ② The two brands of cigarettes meet the low tar cigarette standard, but the content of conventional components in the smoke of the three Huangjinye cigarettes was basically higher than that of the two Zhenlong cigarettes. ③ The correlation analysis showed that the similarity of the conventional components of each cigarette was more than 99%, indicating that the conventional components of the five cigarettes have strong stability. However, the similarity between H and other cigarette smoke conventional components was very low, as low as 27.5%, while the similarity between Y and other cigarettes was very high, especially the similarity with L was more than 99.0%, indicating that the conventional components of cigarette smoke cannot be used as a separate indicator to distinguish different brands of cigarettes.

Key words: demi-slim cigarette; chemical composition; principal component analysis; correlation analysis; brand

中支卷烟的烟支形态属于中国烟草首创,是独具中国特色的中式卷烟新类型.烟支圆周的先天优势可以充分展现中式卷烟的风格特征.中支卷烟作为未来的发展热点,较常规卷烟有节能降耗和降焦减害等若干亮点;较细支卷烟又有浓度更佳、满足感更好的优点.因此,中支卷烟受到市场的更多青睐,也符合行业高质量发展的总体战略需求^[1-3].随着烟草消费的更新升级以及烟民自我健康意识的提升,中支卷烟的生产和销量是值得期待的,而中支卷烟的风格特征是其占领市场的必备条件.卷烟风格特征是评价烟草制品的重要指标,是人的生理感官对烟草香气和吃味的综合感受,是卷烟品牌特有的风格^[5-7].因此,分析不同品牌卷烟成分,对于保持卷烟风格稳定、品质提升具有重要意义.

研究卷烟风格特征的方法甚多,包括烟丝成分^[8-9]、烟气成分^[10-11]以及烟支物理参数^[12-15]等.赖燕华等^[16]对 16 种卷烟样品的顶空香气成分进行了分析,并应用聚类分析和主成分分析法对两个不同品牌卷烟的香气成分进行综合评价,结果表明,同一品牌卷烟很好地聚成一类,不同品牌卷烟很好地相互区分,说明化学成分能较好地反映相同品牌卷烟的相似性,又能体现不同品牌卷烟的相异性;武怡等^[17]运用脸谱法将复杂的卷烟感官风格评价转化成直观易辨面部特征及表情,让评价人员可以利用图形更好地掌握不同卷烟的风格特征,有效地指导卷烟产品的开发和维护.

随着烟草制品持续快速的增长,烟草行业的市场竞争也变得更加激烈,为进一步适应市场,有必要对比各中烟公司的中支产品,以达到促进产品质量提升的目的.因此,本实验选定广西中烟 2 款中支卷烟(H 和 Y 品种)以及河南中烟 3 款中支卷烟(S,L,N 品种)为代表,采用连续流动仪、气相色谱-质谱联用(GC-MS)等技术手段,对比分析两个品牌卷烟的主流烟气中烟碱、CO 含量、焦油含量以及烟气中挥发性成分及其特征香气成分,为卷烟品牌的风格表征、品质维护和真伪鉴别提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

试剂及材料:二氯甲烷、无水乙醇(AR,天津市富宇化工有限公司);乙酸苯乙酯(色谱纯:99.9%,美

国 Sigma-Aldrich 公司); 正十七烷(高纯: 99.5%, 上海麦克林生化科技有限公司); 乙醇、异丙醇(色谱级, 长沙兴宁化工科技有限公司); 无水硫酸钠(分析纯, 天津大茂化学试剂厂). 92 mm 剑桥滤片(英国 Whatman 公司); 0.22 μm 超滤膜(中国天津津腾公司) 无菌注射器(1 mL, 河南曙光健士医疗器械集团股份有限公司).

仪器: Agilent6890A/5973GC-MS 气质联用仪(安捷伦科技有限公司); Agilent7820A 气相色谱仪(安捷伦科技有限公司); RM20H20 孔道转盘式吸烟机(德国博瓦特凯西公司).

1.2 实验方法

1.2.1 烟气中香味成分检测方法

采用 20 孔道吸烟机对样品香烟进行抽吸, 用 92 mm 剑桥滤片收集烟气, 将剑桥滤片放进装有 50 mL 二氯甲烷(含有乙酸苯乙酯作为内标)的三角瓶中并塞紧密封, 超声震荡萃取 30 min; 直接抽取三角瓶中溶液, 过 0.22 μm 微孔滤膜过滤, 取 1 mL 作为烟气中挥发性物质 GC-MS 试样. 其中内标质量浓度为 0.821 1 mg/mL. 内标制备方法为: 取 250 mL 容量瓶, 称取乙酸苯乙酯 205.275 1 mg, 记小数点至万分位, 再加入二氯甲烷至 250 mL 定容.

内标计算公式为:

$$\text{内标质量浓度}(\text{mg/mL})=\text{乙酸苯乙酯质量}/250$$

1.2.2 主流烟气中水分、烟碱、CO、焦油含量检测方法

主流烟气中水分、烟碱、焦油含量的测量方法分别为: GB/T 23203.1-2013 卷烟总粒相物中水分的测定气相色谱法^[18]; GB/T 23355-2009 卷烟总粒相物中烟碱的测定气相色谱法^[19]; GB/T19609-2004, 卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油^[20]. CO 含量检测采用 RM20H20 孔道转盘式吸烟机自带 CO 含量检测系统, 以 4.0 L/mol 标准 CO 气体标定. 每个样品同时做 3 次平行试验. 所有样品检验结果均除以 20, 记单支卷烟检测结果, 单位记为 mg/支. 其中焦油含量计算方法为:

$$\text{焦油含量}(\text{mg/支})=(\text{粒相物总质量}-\text{烟碱总质量}-\text{水分总质量})/20$$

1.2.3 卷烟烟气 GC-MS 分析条件

色谱实验条件: HP-INNOWAX19091N-136 毛细管柱(60 m×0.25 mm×0.25 um); 载气: 氦气; 流速: 1 mL/min, 溶剂延迟 10 min; 进样方式: 分流比 10:1; 进样口温度: 250 °C; 升温程序: 50 °C 保持 20 min, 然后以 2 °C/min 升至 250 °C 并保持 20 min; 进样量: 1 μL; 载气流速: 1 μL/min.

质谱实验条件: EI 源, 电子能量 70 eV, 离子源温度 200 °C, 质量扫描范围: 35~300 m/z, 传输线温度 280 °C, 对采集到的质谱图用 NIST20 谱库进行检索.

2 结果与分析

2.1 两种品牌烟气中香味成分对比分析

2.1.1 GC-MS 分析结果

进行 GC-MS 分析后, 选取 90% 以上匹配度的挥发性物质进行分析鉴定, 结果见表 1. 5 个卷烟样品共鉴定出 84 种化合物, 其中品种 Y 有 43 种、品种 H 有 42 种、品种 N 有 48 种、品种 L 有 49 种、品种 S 有 50 种, 表 1 仅列出了部分具备体现两品牌差异和具备特殊香气特征的物质. 各种类卷烟烟气粒相物中挥发性化学成分含量及物质种类差别不大, 均包含酸类、酯类、烯烃类、酚类、酮类及大量烟碱及其衍生产物.

而赋予卷烟烟气特殊香味的物质总含量分别为: 品种 S 为 20.16 μg/g、品种 L 为 21.77 μg/g、品种 N 为 23.38 μg/g、品种 H 为 16.13 μg/g、品种 Y 为 15 μg/g. 对所检测的 5 款卷烟总体来说, 品牌黄金叶卷烟的烟气中香气成分含量明显高于品牌真龙卷烟, 但香气物质的种类差异不明显, 不利于清晰地分辨两品牌卷烟烟气特征具体差异. 例如: 赋予卷烟烟气甘甜香气的巨豆三烯酮、甘菊花香气的 5-羟甲基糠醛等对

卷烟口感风味具有重要作用的物质,在 5 个卷烟样品中均有检出,且物质含量差异较小,因此需要利用主成分分析法对 5 款卷烟进行分析,以此推断两种品牌卷烟各自的风格特征.

表 1 两种品牌卷烟烟气中香味成分 GC-MS 分析结果

物质 种类	物质名称	在各卷烟品种中的含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)				
		S	L	N	H	Y
酸类	棕榈酸*	4.80	4.46	5.38	3.86	3.10
	硬脂酸*	1.47	0.64	0.64	0.54	0.60
	反油酸*	1.52	1.03	0.93	—	—
	亚麻酸	1.82	1.30	1.41	—	1.01
	肉豆蔻酸*	0.43	—	—	0.12	—
	亚油酸	1.24	0.73	0.80	0.78	0.80
	阿魏酸*	—	—	0.12	—	—
	油酸*	—	—	—	—	0.81
醛类	5-羟甲基糠醛*	1.91	2.27	2.35	2.32	2.08
	间羟基苯甲醛	0.03	—	—	0.07	—
	伪长叶醛	0.68	—	0.17	0.17	—
	2,10-二甲基-9-十一醛*	—	—	—	—	0.13
酮类	甲基环戊烯醇酮*	0.36	0.27	0.19	0.33	0.32
	吡啶吡咯酮	0.19	0.13	0.17	0.14	0.11
	3,4,5,6-四氢伪紫罗兰酮*	0.34	0.16	0.17	—	—
	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮*	2.26	2.57	2.96	2.35	1.86
	巨豆三烯酮*	1.21	1.02	1.35	0.40	0.33
	3-羟基- β -二氢大马酮*	0.55	1.44	1.61	—	—
	4-叔丁基苯丙酮*	—	0.36	—	—	0.47
	(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮*	—	—	0.55	—	0.33
	1-茛酮*	—	—	—	0.17	0.16
酚类	邻甲酚*	0.33	—	—	0.20	0.08
	丁香酚*	0.11	0.18	0.13	0.08	0.06
	对甲酚*	0.86	1.10	0.92	0.56	0.44
	苯酚*	—	—	—	0.39	0.06
	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)*	2.58	2.37	3.75	2.36	1.64
	邻苯二酚*	0.98	0.30	0.42	0.37	0.32
	对苯二酚*	0.33	0.28	0.44	—	—
	2-甲氧基-4-乙烯苯酚*	0.34	0.36	0.41	0.36	0.38
	4-乙烯基-2,6-二甲氧基-苯酚*	0.34	0.39	0.37	0.32	0.27
	间甲酚*	—	—	0.72	1.15	0.16
	3-烯丙基愈创木酚*	—	—	—	0.48	0.34
	广藿香烷(7CD)*	—	—	—	0.36	0.55
	角鲨烯	0.84	0.19	0.36	—	0.26
烃类	α -芹子烯*	0.38	—	—	0.37	—
	4-羟基苯乙烯	0.57	—	0.55	0.41	—
	石竹烯*	0.06	0.30	—	—	—
	2,6,10,14,18-五甲基-2,6,10,14,18-二十碳五烯	0.36	0.94	1.31	0.30	0.54
	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯*	—	0.19	—	0.14	—
	d-柠檬烯*	0.12	0.10	0.19	—	—
	香树烯*	—	—	0.13	—	—
	针叶烯*	—	—	—	0.40	0.21

续表 1 两品牌卷烟烟气中香味成分 GC-MS 分析结果

物质种类	物质名称	在各卷烟品种中的含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)				
		S	L	N	H	Y
酯类	棕榈酸甲酯	0.65	0.66	0.85	0.62	0.55
	亚麻酸甲酯	0.52	0.29	0.33	1.52	0.34
	己二酸二(2-乙基己)酯*	—	2.86	1.13	0.43	0.69
	亚油酸甲酯	0.24	0.23	0.26	0.33	0.31
	柠檬酸三丁酯*	—	—	—	0.69	0.32
烟碱	尼古丁	79.16	90.07	101.46	76.24	62.81
	二烯烟碱	0.43	0.49	0.61	0.43	0.43
	新植二烯	7.29	7.52	9.29	6.78	5.98
	麦司明	0.38	0.38	0.51	—	—
	2,3-联吡啶	0.49	0.30	0.49	0.45	0.30
醇类	3-氧代- α -紫罗兰醇*	0.48	0.43	0.44	—	—
	金合欢醇*	—	—	—	0.15	0.16
其他	三醋精	36.19	40.69	43.04	19.54	17.41
	1,6-脱水- β -D-葡萄糖	0.54	0.64	0.69	1.29	0.34
	N,N-二甲基十六烷酰胺	0.48	0.53	0.46	—	—

注:“—”表示该物质未检出;“*”表示该物质具有香气贡献。

2.1.2 主成分分析结果

利用 SPSS 软件对 5 个样品中 84 种挥发性成分进行主成分分析,得到主成分的特征值和贡献率(表 2)、载荷矩阵(表 3).由表 2 可知,第 1 主成分的贡献率为 36.181%,第 2 主成分的贡献率为 26.165%,第 3 主成分的贡献率为 20.529%,第 4 主成分的贡献率为 17.125%.前 3 个因子的累积贡献率为 82.875%,因此提取 3 个主成分概括样品香气成分的总信息量,对样品进行综合评价.

表 2 4 个主成分的特征值和贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	30.392	36.181	36.181
2	21.978	26.165	62.346
3	17.245	20.529	82.875
4	14.385	17.125	100.000

表 3 两种品牌卷烟中 84 种物质主成分载荷矩阵

编号	物质名称	主成分载荷			
		1	2	3	4
A1	棕榈酸	0.962	0.092	0.212	0.145
A2	硬脂酸	0.335	0.905	−0.031	−0.259
A3	反油酸	0.848	0.454	−0.215	−0.168
A4	亚麻酸	0.676	0.288	−0.148	−0.662
A5	肉豆蔻酸	0.128	0.989	0.059	0.034
A6	亚油酸	0.220	0.936	0.120	−0.246
A7	阿魏酸	0.616	−0.449	0.642	−0.082
A8	油酸	−0.691	−0.222	0.031	−0.687
B1	5-羟甲基糠醛	0.151	−0.793	0.139	0.573
B2	间羟基苯甲醛	−0.380	0.463	0.222	0.770
B3	伪长叶醛	0.318	0.920	0.230	−0.013
B4	2,10-二甲基-9-十一醛	−0.691	−0.222	0.031	−0.687
C1	甲基环戊烯醇酮	−0.602	0.758	−0.248	0.031
C2	吡啶吡咯酮	0.689	0.611	0.378	0.095

续表 3 两种品牌卷烟中 84 种物质主成分载荷矩阵

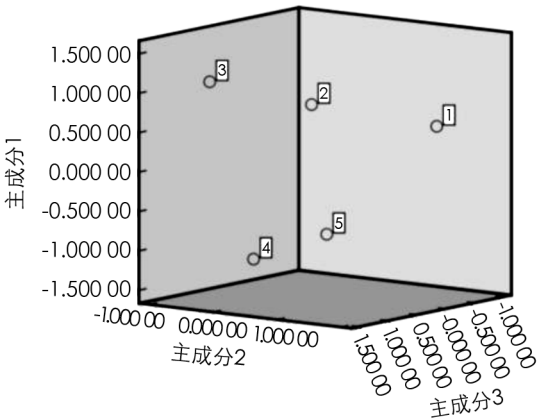
编号	物质名称	主成分载荷			
		1	2	3	4
C3	2-亚甲基环十二烷-1-酮	0.260	0.944	−0.004	−0.203
C4	3,4,5,6-四氢伪紫罗兰酮	0.761	0.609	−0.109	−0.197
C5	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	0.836	−0.355	0.200	0.368
C6	巨豆三烯酮	0.982	0.146	0.051	−0.110
C7	4 α -甲基-7-丙-2-基-1,3,4,5,6,7,8,8 α -八氢萘-2-酮	0.750	0.142	0.614	−0.202
C8	3-羟基- β -二氢大马酮	0.909	−0.389	−0.144	−0.035
C9	6-羟基-3,5a,9-三甲基-3,3a,4,5,6,7,9a,9b-八氢苯并呋喃-2-酮	0.260	0.944	−0.004	−0.203
C10	4-叔丁基苯丙酮	−0.420	−0.429	−0.592	−0.538
C11	(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮	0.196	−0.566	0.641	−0.480
C12	5-异丙烯氧基亚甲基-3,3-二甲基环己酮	0.616	−0.449	0.642	−0.082
C13	1-茛酮	−0.954	−0.133	0.209	0.166
D1	邻甲酚	−0.210	0.956	0.142	0.148
D2	丁香酚	0.830	−0.059	−0.398	0.386
D3	对甲酚	0.824	−0.056	−0.380	−0.416
D4	苯酚	−0.596	0.120	0.237	0.758
D5	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	0.827	−0.152	0.503	0.198
D6	邻苯二酚	0.319	0.923	0.142	−0.161
D7	对苯二酚	0.744	0.238	0.586	−0.215
D8	2-甲氧基-4-乙烯苯酚	0.200	−0.774	0.554	−0.233
D9	4-乙烯基-2,6-二甲氧基-苯酚	0.879	−0.145	−0.304	0.337
D10	间甲酚	−0.197	−0.263	0.631	0.703
D11	3-烯丙基愈创木酚	−0.691	−0.222	0.031	−0.687
E1	角鲨烯	0.452	0.729	0.095	−0.505
E2	α -芹子烯	−0.176	0.822	0.174	0.513
E3	4-羟基苯乙烯	0.260	0.944	−0.004	−0.203
E4	石竹烯	0.363	−0.139	−0.917	0.089
E5	2,6,10,14,18-五甲基-2,6,10,14,18-二十碳五烯	0.695	−0.688	0.091	−0.187
E6	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳四烯	−0.053	−0.264	−0.670	0.692
E7	d-柠檬烯	0.769	−0.615	0.173	−0.015
E8	(1R,2E,4Z,7E,11E)-Cembra-2,4,7,11,15-戊烯	0.300	−0.324	−0.888	0.127
E9	4-羟基苯乙烯	0.234	−0.378	0.741	0.504
E10	香树烯	0.616	−0.449	0.642	−0.082
E11	针叶烯	−0.807	−0.219	0.075	−0.543
F1	棕榈酸甲酯	0.842	−0.290	0.440	0.114
F2	亚麻酸甲酯	−0.469	0.215	0.254	0.818
F3	(9E,11E)-9,11-十八碳二烯酸甲酯	−0.090	0.906	0.146	0.387
F4	1,6-二甲基-4-氧代-1,6,7,8-四氢-4H-吡啶[1,2-a]嘧啶-3-羧酸乙酯	0.260	0.944	−0.004	−0.203
F5	己二酸二(2-乙基己)酯	0.351	−0.633	−0.687	0.065
F6	亚油酸甲酯	0.300	−0.324	−0.888	0.127
F7	十八碳-9,12-二烯酸甲酯	−0.153	−0.528	0.502	−0.667
F8	E-8-甲基-9-十四烯-1-醇乙酸酯	0.616	−0.449	0.642	−0.082
F9	柠檬酸三丁酯	−0.812	−0.053	0.236	0.530
G1	环十四烷	0.448	0.279	−0.849	−0.005
G2	正十六烷	−0.613	0.204	−0.090	−0.758
G3	正二十七烷	0.831	−0.133	−0.539	−0.021
G4	二十二烷	0.300	−0.324	−0.888	0.127
G5	二十五烷	0.300	−0.324	−0.888	0.127
G6	三十烷	0.300	−0.324	−0.888	0.127

续表 3 两种品牌卷烟中 84 种物质主成分载荷矩阵

编号	物质名称	主成分载荷			
		1	2	3	4
G7	正二十四烷	0.300	−0.324	−0.888	0.127
G8	2-甲基四烷	0.300	−0.324	−0.888	0.127
G9	2,3-二甲基-2-丁基-硼烷(二聚体)	0.616	−0.449	0.642	−0.082
G10	二十六烷	−0.485	0.051	0.220	0.845
G11	三十一烷	−0.485	0.051	0.220	0.845
G12	正十七烷	−0.691	−0.222	0.031	−0.687
G13	广藿香烷(7CI)	−0.691	−0.222	0.031	−0.687
G14	1-烯丙基-3-亚甲基-环己烷	−0.965	−0.148	0.199	0.081
H1	尼古丁	0.910	−0.308	0.106	0.255
H2	二烯烟碱	0.737	−0.573	0.356	−0.041
H3	新植二烯	0.896	−0.258	0.338	0.123
H4	麦司明	0.991	0.013	−0.022	−0.132
H5	2,3'-联吡啶	0.427	0.464	0.702	0.331
I1	3-氧代- α -紫罗兰醇	0.454	0.562	−0.687	−0.076
I2	视黄醇	0.397	−0.538	0.671	−0.320
I3	Z-11-五癸醇	−0.239	−0.176	−0.410	0.863
I4	金合欢醇	−0.691	−0.222	0.031	−0.687
J1	三醋精	0.988	−0.045	−0.143	−0.042
J2	2,3,6-三甲基萘醌	0.597	0.780	0.157	0.100
J3	3-(3-氯苯基)-6-(3-哌啶-1-基丙氧基)-咪唑并[1,2-b]呋嗪	0.260	0.944	−0.004	−0.203
J4	1,6-脱水- β -D-葡萄糖	−0.130	−0.021	0.209	0.969
J5	N,N-二甲基十六烷酰胺	0.941	0.124	−0.295	−0.112

由表 3 可知, 棕榈酸、巨豆三烯酮、3-羟基- β -二氢大马酮、4-乙烯基-2,6-二甲氧基-苯酚、丁香酚、对甲酚、2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮等物质在第一主成分上载荷值均大于 0.8, 说明第一主成分基本反映了这些化合物指标的信息; 同理, 第 2 主成分主要反映了硬脂酸、肉豆蔻酸、邻甲酚、邻苯二酚、 α -芹子烯等物质; 第 3 主成分反映了阿魏酸、(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮、香树烯、2,3'-联吡啶等物质; 第 4 主成分反映了间羟基苯甲醛、亚麻酸甲酯、Z-11-五癸醇等物质. 而前 3 个因子的累积贡献率已达 82.875%, 说明前 3 个主成分基本包含了 84 种化合物的全部信息.

根据表 1 中 5 个样品的香味的含量及表 2 中 3 个主成分的特征值和表 3 中 84 种挥发性成分的载荷值计算出 5 个样品的第 1、第 2、第 3 主成分值, 然后以第 1 主成分值为 Z 坐标、第 2 主成分值为 Y 坐标、第 3 主成分值为 X 坐标作散点图. 由图 1 可知, 5 个样品根据距离远近大致为 3 个区域, 其中样品 4(H) 和样品 5(Y) 主成分比较相似, 与其他样品有较大差距, 说明两种品牌卷烟烟气特征挥发性化学成分存在较大差异.



注: 图中 1—5 分别代表 S,L,N,H,Y 5 个样品

图 1 主成分散点图

结合表 4 可知,广西中烟 2 款卷烟(H 和 Y 品种)香气组成的香气成分主要集中在第 1 主成分的负半轴和第 3 主成分正半轴,香气特征有表现为果香的针叶烯、花香的金合欢醇以及具备木香和甜香特征的广藿香烷,其中卷烟 Y 的特征成分还有具备甜香特征的(6R,7E,9R)-9-羟基-4,7-巨豆二烯-3-酮;除针叶烯载荷值在 0.8 以上外,其他 3 种物质载荷值均临近 0.7,说明广西中烟 2 款中支卷烟的香气组成以果香为主,附带花香、木香以及及甜香.

表 4 各香气成分的气味特征

物质名称	气味特征
棕榈酸	油脂气息
硬脂酸	油脂气息
反油酸	油脂气息
肉豆蔻酸	脂肪蜡
阿魏酸	动、植物油
油酸	春黄菊花
5-羟甲基糠醛	甘菊花味
2,10-二甲基-9-十一醛	特殊的脂蜡香,略带苔香花香
甲基环戊烯醇酮	甜香
3,4,5,6-四氢伪紫罗兰酮	类似于紫罗兰花香
2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	干草样甜香、和顺
1-茛酮	催泪性气味
巨豆三烯酮	烟草本香、甘甜香气
3-羟基-β-二氢大马酮	玫瑰花香、果香、青香
4-叔丁基苯丙酮	温和气味
邻甲酚	苯酚气味
丁香酚	丁香花味道
对甲酚	酚、醛味,涩味
苯酚	有明显臭味,极稀释具有甜香
2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	稍有酚臭
邻苯二酚	有腐蚀性气味,对烟草香味有利
对苯二酚	强烈辛香、丁香
2-甲氧基-4-乙烯苯酚	强烈辛香、炒花生气息
4-乙烯基-2,6-二甲氧基-苯酚	霉气和肉香香气,稀释时具有甜香和香荚兰豆香气
间甲酚	稍有酚臭
3-烯丙基愈创木酚	丁香气
α-芹子烯	愉快芳香气味
石竹烯	辛香、木香及温和的丁香香气
3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯	新鲜橙子香气及柠檬样香气
d-柠檬烯	新鲜橙子香气及柠檬样香气
香树烯	花香,气味清雅
针叶烯	轻微果香
己二酸二(2-乙基己)酯	甜、醇和
柠檬酸三丁酯	微有柠檬香气
广藿香烷(7CI)	木香、壤香和草药香
3-氧代-α-紫罗兰醇	紫罗兰酮类香气,较甜
金合欢醇	铃兰,花香气味

河南中烟黄金叶品牌卷烟品种 S 的香气成分主要集中在第 1 主成分正半轴和第 3 主成分正半轴,如:具有强烈辛香略带丁香花香的对苯二酚,具有烟草本香及甘甜香气特征的巨豆三烯酮、2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮,且具有烟草本香及甜香特征的物质载荷值均在 0.8 以上,说明 S 的香气特征为烟

草本香及甜香，略带辛香及花香。而品种 L 和 N 香气成分主要集中在第 2 主成分负半轴和第 1 主成分正半轴，其共同具有的香气特征为：具有强烈花香的 3-羟基-β-二氢大马酮、丁香酚和 5-羟甲基糠醛，具有果香特征的 d-柠檬烯以及具有烟草甜香的巨豆三烯酮；除 5-羟甲基糠醛以及 d-柠檬烯的载荷绝对值分别为 0.793,0.769 以外，其他几种物质载荷绝对值均高于 0.9，说明品种 L 以及品种 N 的香气特征为强烈花香以及果香、甜香。

2.2 主流烟气中烟碱、水分、CO、焦油对比

利用 GC 对主流烟气中常规成分含量进行检测，按照行业检测标准^[18-19]，对两种品牌的 5 款卷烟的烟碱含量、水分含量以及 CO 含量进行检测；同时按照标准计算 5 款卷烟烟气中焦油含量^[20]，结果见表 5。

表 5 两种品牌卷烟烟气中烟碱、水分、CO、焦油含量 mg/支

品种	烟碱	水分	CO	焦油
S	0.80±0.2	2.45±0.1	7.32±0.4	9.52±0.03
L	0.72±0.2	2.45±0.1	6.99±0.1	9.70±0.02
N	0.75±0.3	2.45±0.1	7.36±0.3	9.04±0.03
H	0.46±0.2	2.45±0.1	5.15±0.4	8.77±0.02
Y	0.76±0.2	2.45±0.1	6.46±0.2	9.02±0.02

经过吸烟机抽吸及分析和气相色谱检测得出 5 款卷烟烟气中烟碱、水分、CO 以及焦油含量结果见表 5。结果表明：①根据卷烟烟气焦油量来看，5 款卷烟均属于低焦油卷烟（焦油量≤10.0 mg/支）；②品种 H 的烟气中烟碱、CO、焦油含量都是最少的，这可能与其滤嘴采用的是三段式复合滤嘴有关，滤嘴中活性炭有效地吸附了部分焦油，通风率的增加，使空气稀释了主流烟气中 CO 浓度，同时明显降低了烟气中烟碱含量，与于川芳等^[12]的研究结果基本一致；③对 5 款卷烟总体来说，品牌黄金叶的烟气常规成分含量基本高于品牌真龙。

为明确不同卷烟样品间主流烟气常规成分差异及相同卷烟样品组间烟气常规成分稳定性，对 5 个卷烟样品间的相似度进行了计算，结果见表 6。结果表明：①同种卷烟样品的烟气常规成分的相似度均在 99% 以上，说明 5 款卷烟的常规烟气成分都具有极强的稳定性；②品种 H 与其他 4 款卷烟的烟气常规成分相似度极低，最低至 27.5%，但品种 Y 却与其他卷烟烟气常规成分相似度极高，尤其是与品种 L 的相似度基本达到了 99.0% 以上，说明卷烟烟气的常规成分不能单独作为区分不同品牌卷烟的标准。

表 6 两种品牌 5 款卷烟烟气常规成分的相似度表 (n=3) %

样品	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5
1	100														
1	99.9	100													
1	99.8	99.9	100												
2	96.8	95.9	96.9	100											
2	94.4	93.2	94.6	99.7	100										
2	97.9	97.2	98	99.9	99.2	100									
3	96.2	96.9	96.1	86.3	81.9	88.7	100								
3	97.2	97.8	97.1	88.2	84.1	90.4	99.9	100							
3	96.8	97.5	96.6	87.3	83	89.6	99.8	99.8	100						
4	40.3	36.4	40.8	64	70.4	59.8	46	45	44.2	100					
4	31.7	27.5	32.2	57.3	64.3	52.7	41.8	48	41.9	99.7	100				
4	33	28.9	33.6	58.4	65.2	53.7	41.7	46.4	43.6	99.8	99.9	100			
5	95	93.9	95.2	99.7	99.9	99.3	83.5	85.5	84.5	69.6	63.4	64.3	100		
5	94	92.7	94.2	99.4	99.8	98.8	81.7	83.9	82.7	72.1	66.1	67	99.9	100	
5	94.1	92.9	94.3	99.5	99.9	98.9	81.9	84.1	82.9	71.8	65.7	66.7	98	99	100

注：表中 1—5 分别为 S,L,N,H,Y 5 个样品。

3 结语

本实验利用 GC-MS 对广西真龙和河南黄金叶两个品牌共 5 款市售中支卷烟烟气进行研究，通过对比

分析其烟气粒相物中香气成分,结果表明:通过主成分分析,两种品牌卷烟在香气成分上具有明显差异;广西 2 款卷烟在香气上都以突出果香香韵特征为主;而河南 3 款卷烟,品种 S 以突显烟草本香及甜香香韵特征为主,品种 L 和 N 则是以强烈的花香为主要突出香韵.本实验证实了不同地区或品牌卷烟香气特征存在差异,其产生的原因可能是由于不同品牌卷烟所侧重的消费群体对于卷烟香气感官的偏好存在差异.同时,明确 5 款卷烟特征香气成分,突显了卷烟产品的独特性,有助于增强产品竞争能力,也可以为今后新产品的调香重点提出指导意见,提高经济效益.

通过 GC-MS 对 5 款卷烟常规烟气成分进行分析,结果表明:5 款卷烟均是行业标准中的低焦油卷烟,但品牌黄金叶的烟气常规成分检测结果均高于品牌真龙;相似性分析结果表明,同种卷烟烟气相似度极高,说明 5 款卷烟质量具有极强的稳定性;真龙 2 款卷烟中,品种 H 与其他卷烟常规成分的相似度极低,最低至 27.5%,但品种 Y 与其他卷烟样品的相似度极高,尤其是与品种 L 相似度达到 99.0% 以上,说明卷烟烟气的常规化学成分不具备区分不同地区或品牌卷烟的能力.

参考文献:

- [1] 朱伯和,黎礼丽,张强,等.国产中支卷烟发展现状与市场前景分析[J].商场现代化,2019(11):1-2.
- [2] 胡立夏.基于 SWOT 分析的川产中支烟发展途径探索[J].中国市场,2021(19):40-41.
- [3] 王金棒,洪广峰,高健,等.细支卷烟研究综述[J].中国烟草学报,2018,24(5):91-101.
- [4] 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.
- [5] 武怡,曾晓鹰,朱保昆,等.中式卷烟风格感官评价方法区域适应性分析[J].烟草科技,2012,45(9):5-9.
- [6] 曾晓鹰,者为,张天栋,等.清香香型参照香料的选择[J].食品工业,2011,32(6):35-38.
- [7] 汤晓东,蒋佳磊,陈晓水,等.烟丝裂解产物指纹图谱及在卷烟品质评价中的应用[J].烟草科技,2020,53(1):44-52.
- [8] 李超,王明锋,张志敏,等.基于烟丝挥发/半挥发性组分构建卷烟果香风格特征预测模型[J].中国烟草学报,2017,23(1):35-42.
- [9] 范武,何峰,姬凌波,等.卷烟主流烟气辛香特征成分组群的分布特征及感官贡献[J].烟草科技,2021,54(2):36-43.
- [10] 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.
- [11] 刘巍,不同长度、圆周卷烟特征参数对主流烟气释放量影响研究.云南省,云南中烟工业有限责任公司技术中心,2020-10-23.
- [12] 于川芳,罗登山,王芳,等.卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(一)[J].中国烟草学报,2001,7(2):1-7.
- [13] 于川芳,罗登山,王芳,等.卷烟“三纸一棒”对烟气特征及感官质量的影响(二)[J].中国烟草学报,2001,7(3):6-10.
- [14] 吴金凤,戴亚,庄亚东,等.卷烟材料参数对细支卷烟主流烟气氢氰酸释放量的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(1):37-43.
- [15] 陈昆燕,戴亚,周学政,等.多元非线性回归法探讨细支烟材料参数对焦油释放量的影响[J].西南师范大学学报(自然科学版),2022,47(2):50-55.
- [16] 赖燕华,肖明礼,卢嘉健,等.基于烟丝动态顶空香气成分的卷烟品牌分析[J].中国烟草科学,2017,38(6):48-54.
- [17] 武怡,杨乾栩,王猛,等.脸谱法在卷烟风格特征中的应用[J].烟草科技,2019,52(11):96-101.
- [18] 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 总粒相物中水分的测定 第 1 部分:气相色谱法:GB/T 23203.1—2008[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [19] 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 总粒相物中烟碱的测定 气相色谱法:GB/T 23355—2009[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [20] 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,2005.