

综述

杨涓, 罗诚, 李东亮, 等. 雪茄烟气化学成分研究进展[J]. 中国烟草学报, 2021, 27(4). YANG Juan, LUO Cheng, LI Dongliang, et al. Advances in chemical constituents of cigars smoke [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2021, 27(4). doi: 10.16472/j.chinatobacco.2020.050

雪茄烟气化学成分研究进展

杨涓¹, 罗诚¹, 李东亮¹, 徐恒¹, 庞永强², 朱贝贝¹,
李军华¹, 廖占和³, 周婷³, 张洪非^{2*}

1 四川中烟工业有限责任公司技术中心, 四川省成都市锦江区成龙大道一段56号 610066;

2 国家烟草质量监督检验中心, 郑州高新技术产业开发区翠竹街6号 450001;

3 四川中烟工业有限责任公司长城雪茄烟厂, 四川省什邡市蓥华山路南段128号 618400

摘要:雪茄以其独特风味成为中国烟草新的消费热点, 雪茄烟气化学成分组成是其感官质量和风格特征的物质基础。本文从雪茄烟气化学成分及对感官风格的影响等方面对文献进行了梳理和总结, 并对未来雪茄烟气化学研究重心进行了展望, 为相关研究提供参考或支撑。

关键词:雪茄; 烟气; 化学成分; 感官风格

雪茄烟是一种用烟草做茄芯, 烟草或含有烟草成分的材料做茄衣、茄套卷制而成, 具有雪茄型烟草香味特征的烟草制品, 有别于卷烟等传统烟草制品, 雪茄烟烟支中晾晒烟占烟支质量(不含烟嘴)的70%以上, 独特的烟叶组成和加工方式, 成就了雪茄烟独特的风格特色。近年来, 雪茄烟保持稳健的发展态势^[1]。但国产雪茄烟叶整体质量偏低^[2], 国产雪茄烟质量特征和风格特色有待进一步明确和凝练。

烟气化学成分协同作用直观反映了烟气感官质量和风格特征, 是构筑产品核心技术的关键点之一。国内雪茄烟研究主要集中在原料方面, 烟气化学领域基本为空白。围绕国产雪茄原料生产需求, 亟需明确表征国产雪茄烟感官质量的关键烟气指标, 以进一步提高国产雪茄原料的工业化应用价值。基于此, 本文对国内外雪茄烟气化学研究进展进行了梳理和总结, 并提出展望和建议, 以期对国产雪茄烟气化学研究和明确烟气关键质量指标提供思路 and 参考。

1 文献分析

据报道, 雪茄烟的期刊论文仅为常规卷烟期刊论文的1/100左右^[3]。有关雪茄烟气化学成分研究的文献则更少。国外对雪茄烟化学成分的报道始于上世纪30年代^[4], 早期雪茄烟气文献主要为烟气有害及潜在有害物质成分(HPHCs)披露和毒理学研究, 在60—70年代期间达到顶峰, 主要为美国奈勒·达娜疾病预防研究所等研究机构发表。2000年后, 研究重心逐渐转移到抽吸行为对生物暴露的影响方面, 文献发布机构主要为美国巴特尔纪念研究所公共健康烟草研究中心、宾夕法尼亚州立大学烟草监管科学中心(TCORS)等烟草研究机构以及雪茄烟制造商。2016年, 美国食品药品监督管理局(FDA)发布了一项认定“烟草产品”条例, 将雪茄烟在内所有烟草产品纳入监管, 按照条例要求, 雪茄烟制造商需遵循与卷烟相同规定: 披露雪茄烟成分(包括HPHCs)^[1,5], 因此自2016年后国外雪茄烟气研究文献数量大幅增长。

基金项目:四川中烟工业有限责任公司中式雪茄发酵重点实验室“醇甜香”品类构建重大专项项目“中式雪茄‘醇甜香’品类物质基础研究”(ctx201901)

作者简介:杨涓(1976—), 硕士, 工程师, 材料安全和烟草化学研究, Tel: 028-86005331, Email: 55957124@qq.com

通讯作者:张洪非(1983—), Tel: 0371-67672599, Email: hfzhang1983@126.com

收稿日期:2020-03-09; **网络出版日期:**2021-07-08

国内雪茄烟气研究起步晚, 2013 年在 CORESTA 推荐方法基础上制定了雪茄烟吸烟机及烟碱等常规指标测定方法行业标准^[6-11], 国内目前公开发表的雪茄烟气研究性论文较少^[12]。

2 雪茄烟烟气化学成分

烟气成分组成和释放量与烟叶类型、叶组(叶片, 叶脉, 烟梗组成)的燃烧性、氧气是否充分、燃烧锥温度梯度变化有关^[13]。雪茄烟在以上几方面均与卷烟有较大差异: ①烟叶类型不同。②加工方式不同, 雪茄烟内部的致密结构决定了燃吸过程较卷烟燃烧更不充分。③雪茄燃烧锥升温速率变化梯度较卷烟缓和, 燃烧达到最高温度比卷烟高^[13]。以上因素构成

雪茄烟气氨、CO 释放量较高, pH 呈碱性的典型特征^[14]。与卷烟相比, 雪茄烟长度、直径、质量分布宽, 加工方式决定了质量一致性较卷烟差, 因而雪茄烟单位烟支烟气成分释放水平范围广, 变异性大。为消除烟支规格对结果的影响, 本文按单位质量烟气化学成分释放量对文献进行统计和梳理(表 1), 由于抽吸参数是影响烟气释放量的主要因素, 早期研究者抽吸雪茄烟尤其是大雪茄的条件不尽一致, 加之大多数指标分析方法不成熟, 因此本文对文献报道数据进行了甄选, 剔除了较早的数据。值得注意的是, 国外文献报道的与卷烟规格接近的小型雪茄大多按卷烟 ISO^[15]条件进行抽吸, 与 CRM No.64^[16]抽吸条件测定结果有一定差异。

表 1 雪茄主流烟气中的化学成分释放量(每克雪茄烟草释放量)

Tab. 1 Components in the mainstream smoke of cigars and cigarettes (values are given for 1.0 g tobacco smoked)

烟气成分		卷烟型雪茄	小雪茄	常规雪茄	卷烟	文献
粒相	pH	6.2~7.5	5.4~7.3	4.4~8.9	5.76 c	17
	烟碱 /mg	1.0~1.4, 1.6~4.4	0.7~2.8	N.A	1.0 a	18, 19, 20
	NNN/ng	389.0~1300.1, 326.6~1371.8	197~251, 163.4~659.2	N.A.	180.3 a	18, 20, 21
	NNK/ng	311.0~879.6, 264.5~833.1	157.5~742.0	N.A.	150.0 a	18, 20
	BaP/ng	15.6~47.9, 16.6~21.6	36.8~75.7	N.A	10.0 a	18, 20
	降龙涎香醚 /μg	0.4	N.A.	N.A.	N.D. a	19
	3- 甲基丁腈 /μg	0.8	N.A.	N.A.	N.D a	19
	4- 甲基咪唑 /μg	13.6	N.A.	N.A.	4.6 a	19
	喹啉 /μg	1.1~3.2	1.1~4.3	N.A.	N.A.	20
	2-5- 二甲基呋喃 /μg	15.9~34.2	139.4~381.3	N.A.	N.A	20
	NH ₃ /μg	N.A.	18.7~25.4	N.A.	N.A.	21
	苯 /μg	113.4~253.5	158.4~343.7	92~246	8.4~97 c	20, 22
	1,3- 丁二烯 /μg	95.6~240.7	131.6~309.1	N.A.	N.A.	20
气相	乙醛 /μg	850~1390, 730.1~3681.4	1046~1146, 1254.7~4502.8	N.A.	N.A.	20, 21, 23
	甲醛 /μg	N.A.	7.2~8.3	N.A.	N.A.	21
	乙腈 /μg	264.7~983.5	490.2~1266.8	N.A.	N.A.	20
	丙烯腈 /μg	27.7~90.0	28.7~65.8	N.A.	N.A.	20

注 1: 红色为使用复制实验者抽吸行为的抽吸参数测定结果。注 2: N.D. 为未检出, N.A. 为无数据。注 3: a 为混合型卷烟数据, b 为烤烟型卷烟数据, c 为市售卷烟或受试者日常抽吸卷烟, 卷烟类型不明确。

2.1 常规指标

2.1.1 烟碱

雪茄烟主流烟气烟碱释放量(1.12~13.97 mg/ 支^[12])分布范围宽, 一方面是由于雪茄烟规格多样, 另外, 烟碱可直接挥发进入烟气^[24], 不同雪茄烟产品烟碱

含量差异大也是原因之一, 雪茄烟烟芯烟碱含量范围(6.3~24.8 mg/g^[25-26])较卷烟(16.2~26.3 mg/g^[27])更广。雪茄烟烟碱转移率与规格有关, 不似卷烟烟碱转移率较为恒定(7%~10%)^[27], 小雪茄烟碱转移率(11%~16%)比大雪茄(3%~4%)

高^[14]。小雪茄单位 TPM 烟碱释放量比大雪茄略高。另外,研究者发现在 ISO 抽吸模式下,小雪茄单位烟支烟碱释放量与 TPM 显著正相关,与烟支重量、抽吸口数、滤嘴通风率及烟支长度相关性不大^[26,28]。

研究表明,烟气中游离烟碱含量与劲头呈正相关^[29-30],Schmeltz 等^[31]通过比较雪茄烟和卷烟烟气中碱性成分的含量,指出雪茄烟和卷烟烟气的感官区别与烟气挥发相中的游离烟碱有关。雪茄烟气偏碱性,烟气中烟碱形态分布与卷烟差异较大,烟气总烟碱中游离烟碱占比较卷烟高,因而雪茄吃味强度比卷烟大。雪茄烟气较高含量的游离烟碱能通过口腔粘膜迅速吸收,使抽烟者无需吞下烟气就能得到生理满足,卷烟烟气中烟碱主要以质子化形态存在,抽吸者需将烟气吞下通过肺泡吸获得对烟碱更高效的吸收和输送^[32]。烟气中游离烟碱含量差异是雪茄抽吸习惯不同于卷烟的主要原因,这一点,在碱性更强的大雪茄上体现更为明显。

2.1.2 焦油和 CO

焦油是烟草中有机物质在缺氧条件下不完全燃烧后去除烟碱和水分的总粒相物。雪茄烟包裹茄芯的茄衣和茄套透气性较差,另一方面,由于雪茄烟尺寸比卷烟大,烟芯为叶卷裹制,密度较卷烟大,抽吸时内部空气少,以上因素决定了与卷烟相比,其燃烧更不充分,焦油释放量比卷烟高^[13]。国外研究者^[14]制作了不同茄衣材料包裹相同茄芯的卷烟型雪茄,发现薄片茄衣样品比卷烟纸茄衣的样品焦油释放量高,验证了包裹茄芯的茄衣茄套透气度低是雪茄烟焦油释放量较高原因之一。2019 年,研究者测定了中外雪茄烟气焦油释放量为 26.3~201.2 mg/支^[12],较国产卷烟高(5~16 mg/支^[33]),其中大雪茄焦油释放量(54.9~201.2 mg/支)显著高于早期文献报道大雪茄数据(5.1~12.3 mg/支^[34]),这可能是由于以前的研究者对直径大于 12 mm 的大雪茄采取恒定抽吸容量(20 mL)导致结果偏低。从单位 TPM 焦油释放量来看,大雪茄和小雪茄释放水平接近^[12]。

雪茄烟在不完全燃烧状态下,扩散进入烟支的空气少,氧化程度低,比卷烟燃烧生成更多 CO,雪茄烟主流烟气 CO 释放量(37.3~497.4 mg/支^[12])显著高于国产卷烟(5~15 mg/支^[33])。大雪茄单位 TPM 释放量比小雪茄略高^[12]。小雪茄在卷烟 ISO 抽吸模式下,CO 释放量高于雪茄 CRM 抽吸模式^[14]。另外,雪茄烟气中焦油释放量与 CO 释放量的相关性比卷烟小^[34]。

2.2 有害成分

2.2.1 烟草特有亚硝胺(TSNA)

烟气 TSNA 主要来自烟叶中 TSNA 的直接转移,雪茄烟叶中硝酸盐、生物碱含量都较高,由于调制和发酵条件适宜,亚硝酸盐积累水平较高,亚硝酸盐与生物碱作用导致雪茄烟叶 TSNA 含量较高。雪茄烟叶中硝酸盐含量高,在燃吸高温下,硝酸盐热解产生大量 NO_x 并与生物碱反应,进一步增加了烟气 TSNA 释放量。单位质量的卷烟型雪茄比 3R4F 参比卷烟(混合型)释放更多的 TSNA,且 TSNA 释放量水平分布范围广^[18]。

2.2.2 氨和氮氧化物

雪茄烟气中氨^[14]和氮氧化物^[13]显著高于烤烟和混合型卷烟,一方面是由于雪茄烟叶中硝酸盐含量较高,在抽吸过程中部分硝酸盐被还原成氨所致。另一方面,氨和氮氧化物的形成也与雪茄烟不完全燃烧有关^[13]。氨是影响雪茄吃味强度的因素之一^[31],氨与其他含氮化合物参与了烟气吃味劲头的形成。雪茄烟气呈碱性,游离氨占氨总量比例较卷烟高,较高含量的游离氨会增加烟气的刺激性^[35],这也是雪茄烟感官不同于卷烟原因之一。

2.2.3 其他成分

雪茄单位质量多环芳烃释放量高于烤烟型卷烟,苯并芘释放量由大到小顺序为:小雪茄>卷烟型雪茄>卷烟^[18,20]。雪茄烟中酚类物质释放量低于卷烟,这是由于烟叶中糖类是烟气中酚类的主要来源,雪茄烟叶中糖类含量较低与烟气酚类释放量较低有关^[25]。另外,研究者发现卷烟型雪茄和滤嘴小雪茄无论是每口还是每支均比 3R4F 和 1R6F 参比卷烟(混合型)释放了更多的羰基化合物^[36]。

2.3 香味成分

雪茄烟香韵远较卷烟丰富,2016 年,Klupinski 等^[19]应用 GC×GC-TOFMS 分析技术比较美国产卷烟型雪茄和卷烟(混合型)主流烟气粒相物,前者色谱峰数量为 2800~5700 个,后者为 1800~3800 个,雪茄烟气复杂程度超过卷烟。研究者在卷烟型雪茄烟气中发现 3 种与卷烟(混合型)显著差异的物质,降龙涎香醚是其中之一。降龙涎香醚具有琥珀、木香、苔香香气,研究者曾在香料烟中检出该物质^[37],但还未有在烟气中检出的报道。因部分雪茄烟叶中含有赖百当类萜醇,该物质可能是由顺-冷杉醇(一种赖百当类萜醇)在烟叶调制及醇化过程发生氧化、降解和转化形成^[38]。另外,有研究者发现雪茄烟气中释放较多挥发性吡啶类化合物有助于增强雪茄烟的吃味强

度^[17]。Bazemore 等^[39]应用多维 GC/MS- 嗅闻仪分析技术识别美国市场上浓味和淡味雪茄产品抽吸后实验者口腔中的有味道成分,发现两者的特征成分不同,但绝大部分为吡啶类,吡咯类物质,主要是烟碱热解产物和美拉德反应产物,香气特征为坚果、霉味、烟草、黄油、烤肉、花香等。

2.4 烟气 pH

通常认为,卷烟(烤烟和混合型)烟气呈酸性(pH5.6~6.3)^[30],并随抽吸过程缓缓下降。雪茄烟中含有较多含氮化合物,糖类含量很低,燃烧生成氨、吡啶、吡咯等大量碱性物质,因此雪茄烟气大多呈碱性。

与卷烟(烤烟和混合型)烟气 pH 在抽吸过程中单向下降不同,雪茄烟气 pH 呈先降后升的规律^[14]。大雪茄同卷烟型雪茄变化趋势相似,但变化幅度更陡,部分大雪茄抽吸过程中烟气 pH 最低值低于卷烟。研究者^[26]发现卷烟型雪茄的 pH 变化趋势与卷烟接近,部分小雪茄在抽吸了 1/3 之后,烟气会变为酸性并一直保持酸性到抽吸结束,大雪茄会在抽吸了 1/3 之后变成酸性,2/3 会变为碱性。不同抽吸段雪茄烟气 pH 变化情况见表 2。

表 2 不同类型雪茄烟气 pH^[13, 14, 17, 26]
Tab. 2 Comparison of the different cigar smoke pH

雪茄产品类型	pH 均值 (标准差)		
	起始 (Starting Puff)	中段 (Middle Puff)	最后 (Last Puff)
卷烟型雪茄	6.81 (0.21)	6.74 (0.28)	7.17 (0.45)
全叶卷小雪茄	7.03 (0.10)	5.78 (0.66)	6.25 (0.79)
小雪茄	6.19 (0.51)	5.62 (0.67)	7.77 (0.31)
大雪茄	7.00 (0.12)	4.90 (0.46)	8.55 (0.27)

由于主流烟气 pH 反映的是主流烟气粒相和气相物质总的酸碱平衡状态,因此能够更准确地反映卷烟的感官质量^[40]。对于手卷雪茄来说,在抽吸过程味道是不断变化的,通常来说前段比较清淡、中段味道丰富醇厚、后段辛辣感增强,大部分雪茄烟气 pH 在抽吸过程也有比较明显的变化过程。随着抽吸雪茄烟气 pH 降低变为酸性,烟气更加醇和细腻,在后段,烟气 pH 变为碱性,因而烟气辛辣感增加。pH 变化趋势在某种程度上反映了化学成分变化的复杂过程。pH 决定了烟气中游离烟碱的占比,研究表明, pH 在 6 以上才会产生游离烟碱,在 pH 为 8 时,烟气中游离烟碱含量占 50%^[32]。pH 与游离氨含量也有密切关系,烟气 pH 在 6.8~7.2,烟气中游离氨的

含量约为总氨的 0.8%, pH 在 5.3~5.6,游离氨仅占 0.01%^[35],因而雪茄烟气较高 pH 与雪茄烟气的劲头和刺激性直接相关。有研究表明卷烟烟气 pH 与影响综合感受的苦味、收敛、残留感、刺激感、热感呈显著正相关性^[41]。雪茄烟气 pH 变化较卷烟复杂,不同规格雪茄烟烟气 pH 变化趋势对雪茄烟感官风格的影响还有待深入研究。

综上所述,雪茄烟和卷烟烟气中化学成分种类基本相同,但组成与释放量水平有较大差异。雪茄烟产品丰富多样、叶组组成、卷制特性均造成雪茄烟气成分释放量分布范围广和稳定性差,影响因素远较卷烟复杂。雪茄烟气文献有限,加上早期雪茄抽吸条件和分析方法不统一,文献报道雪茄烟气数据存在一定差异。由于卷烟型雪茄等小型雪茄在美国市场流行和抽吸难度较小等因素,国外学者对其烟气化学成分研究相对较多,大雪茄烟气成分释放量数据较为缺乏,且用于比较的卷烟主要为美国市售卷烟,以混合型居多,缺乏烤烟型卷烟的对照数据。另外,国外对雪茄烟气化学成分研究大多从监管角度出发,雪茄烟气香味成分的研究则更少且零散。雪茄制造工艺、烟支物理特性和养护环节对烟气成分的影响研究鲜有报道。近年来,复制吸烟者抽吸参数,研究雪茄烟抽吸行为对烟气释放量和生物暴露的影响^[20, 42-44],开发稳定可靠的雪茄烟气分析方法^[45-50],成为国外雪茄烟气领域研究热点。随着国内雪茄烟市场快速发展,明确国产雪茄质量特征和风格特色,剖析国产雪茄烟气成分显得尤为迫切。

3 小结与展望

当前雪茄烟气研究远不如卷烟广泛和深入,分析方法标准有限、测试经验欠缺、无参比雪茄烟和雪茄烟产品自身特性等诸多因素,造成雪茄烟气分析难度大,成为当前雪茄烟气化学成分研究面临的挑战,可靠数据是开展烟气研究的前提和基础,鉴于此,CORESTA 雪茄工作组成立了雪茄科学研究小组,明确雪茄烟使用模式和抽吸条件研究,标准分析方法开发和验证,参比雪茄烟的研制是未来雪茄烟重点研究方向^[3]。

随着国内雪茄烟重大专项的启动,中外雪茄烟气成分差异、国产雪茄和国产卷烟烟气成分的差异、国产雪茄烟气感官质量和风格特征的物质基础均有待阐明。建议将国外雪茄烟气化学研究热点和前沿分析技术与国产雪茄烟质量评价破题需求相结合,多维度加强雪茄烟气化学成分分析和研究。①着重新分析技术

的应用, 开发稳定可靠雪茄烟气化学成分分析方法, 积累国产雪茄烟气成分释放水平基础数据。②模拟抽吸者抽吸行为, 探寻不同雪茄产品抽吸习惯差异, 研究雪茄抽吸条件对烟气成分释放量及感官质量的影响。③以感官为导向, 分析中外雪茄烟气成分的差异, 凝练国产雪茄烟特征香吃味的烟气物质基础, 建立国产雪茄烟质量评价指标体系。④系统研究雪茄烟气有害成分的形成机理, 雪茄烟与卷烟烟气成分之间差异, 筛选表征国产雪茄烟气安全性关键指标, 建立国产雪茄烟气安全性评价指标体系。⑤研究不同产区雪茄原料、雪茄制造工艺、雪茄烟养护介质、雪茄烟物理特性对烟气化学成分和感官质量的影响。通过上述几方面研究工作的开展, 为国产雪茄烟的发展提供一定理论支撑和参考依据。

参考文献

- [1] 衡丙权. 全球雪茄烟发展概况 [J]. 中国烟草, 2017, 5. HENG Bingquan. Global cigar development[J]. China Tobacco, 2017, 5.
- [2] 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(01):118-120. LI Aijun, QIN Yanqing, DAI Huijuan, et al. On scientific development of China's cigar leaf[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2012(01):118-120.
- [3] Smith J H, Aubuchon S M, Wagner K A, et al. Challenges and opportunities in cigar science[C]//CORESTA Congress. Kunming: CORESTA, 2018.
- [4] Haley D E, Jensen C O, Olson O. A study of the ammonia content of cigar smoke [J]. Plant Physiol, 1931, 6(1):183-187.
- [5] Food and Drug Administration - Department of Health and Human Services. "Deeming tobacco products to be subject to the federal food, drug, and cosmetic act, as amended by the family smoking prevention and tobacco control act; Restrictions on the sale and distribution of tobacco products; Final rule," Federal Register[R]. 2016, 81(90):28974-29106.
- [6] YC/T461—2013 常规分析用雪茄吸烟机定义和标准条件 [S]. YC/T 461—2013 Routine analytical cigar-smoking machine—Definitions and standard conditions[S].
- [7] YC/T462—2013 雪茄烟 调节和测试的大气环境 [S]. YC/T 461—2013 Cigars—Atmosphere for conditioning and testing[S].
- [8] YC/T463—2013 雪茄烟 用常规分析用雪茄烟吸烟机 测定总粒相物和焦油 [S]. YC/T 463—2013 Cigars—Determination of total and nicotine-free dry particular matter using a routine analytical cigar-smoking machine[S].
- [9] YC/T464—2013 雪茄烟 总粒相物中水分的测定 气相色谱法 [S]. YC/T 464—2013 Cigars—Determination of water in smoke condensates—Gas-chromatographic method[S].
- [10] YC/T465—2013 雪茄烟 总粒相物中烟碱的测定 气相色谱法 [S]. YC/T 465—2013 Cigars—Determination of nicotine in smoke condensates—Gas-chromatographic method[S].
- [11] YC/T466—2013 雪茄烟 主流烟气中一氧化碳的测定 非散射红外法 [S]. YC/T 466—2013 Cigars—Determination of carbon monoxide in mainstream smoke of cigars Non-dispersive infrared method[S].
- [12] 李翔宇, 姜兴益, 张洪非, 等. 雪茄烟主流烟气指标测定及稳定性分析 [J]. 烟草科技, 2019, 52(10):44-51. LI Xiangyu, JIANG Xiangyi, ZHANG Hongfei, et al. Index measurement and stability analysis of mainstream cigar smoke [J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(10):44-51.
- [13] Burns D, Cummings K M, Hoffmann D. Cigars: health effects and trends. Smoking and tobacco control monograph no 9[M]. Maryland: NIH Publication, 1998, 66-68.
- [14] Schmeltz L, Brunnemann K D, Hoffmann D, et al. On the chemistry of cigar smoke: comparisons between experimental little and large cigars[J]. Beiträge Zur Tabakforschung International/ contributions to Tobacco Research, 1976, 8 (6): 367-377.
- [15] ISO 3308 Routine Analytical Cigarette-smoking Machine—Definitions and Standard Conditions [S].
- [16] CRM 65 Determination of total and nicotine—Free dry particulate matter using a routine analytical cigar-smoking machine—Determination of total particulate matter and preparation for water and nicotine measurements[S].
- [17] Hoffmann D, Wynder E L. Smoke of cigarettes and little cigars: An analytical comparison[J]. Science, 1972, 178(15):1197-1199.
- [18] Hamad S H, Johnson N M, Tefft M E, et al. Little cigars vs 3R4F cigarette: physical properties and HPHC yields[J]. Tobacco Regulatory Science, 2017, 3 (4): 459-478.
- [19] Klupinski, T P, Strozier E D, Friedenber D A, et al. Identification of new and distinctive exposures from little cigars[J]. Chemical Research in Toxicology, 2016, 29 (2): 162-168.
- [20] Pickworth W B, Rosenberry Z R, Yi D, et al. Cigarillo and little cigar mainstream smoke constituents from replicated human smoking[J]. Chemical Research in Toxicology, 2018, 31(4):251-258.
- [21] Felix A F, Karshak K, Robert S. Impact of cigar physical variability on cigar exposure using probabilistic risk assessment[C] //Tobacco Science Research Conference, Bonita Springs: TSRC, 2017.
- [22] Appel B R, Guirguis G, Kim I S, et al. Benzene, benzo(a)pyrene, and lead in smoke from tobacco products other than cigarettes[J]. American Journal of Public Health, 1990, 80(5):560-564.
- [23] Hoffmann D, Rathkamp G, Brunnemann K D, et al. Chemical studies on tobacco smoke XXII. On the profile analysis of tobacco smoke [J]. Science of The Total Environment, 1973, 2(2):157-171.
- [24] 闫克玉. 卷烟烟气化学 [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2002, 21. YAN Keyu. Cigarette smoke chemistry[M]. Zhengzhou University Press, 2002, 21.
- [25] Henningfield J E, Fant R V, Aleksandras R, et al. Nicotine concentration, smoke pH and whole tobacco aqueous pH of some cigar brands and types popular in the United States[J]. Nicotine & Tobacco Research, 1999, 1(2):163-168.
- [26] Lawler T S, Stanfill S B, Decastro B R, et al. Surveillance of Nicotine and pH in Cigarette and Cigar Filler[J]. Tobacco Regulatory Science, 2017, 3(1):101.
- [27] 徐海涛, 于宏晓, 岳勇, 等. 卷烟烟丝及烟气中主要生物碱成分的相关性和转移 [J]. 安徽农业科学, 2015, (22):212-213. XU Haitao, YU Hongxiao, YUE Yong, et al. Transfer and Relationship of the Major Alkaloids in Cut Tobacco and Cigarette Smoke[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2015, (22):212-213.
- [28] Goel R, Trushin N, Reilly S M, et al. A survey of nicotine yields in small cigar smoke: influence of cigar design and smoking regimens[J]. Nicotine & Tobacco Research, 2017, 20(10):1250-1257.
- [29] 王裔耿, 秦云华, 陆舍铭, 等. 主流烟气总粒相物中游离烟碱测

- 定方法综述[J]. 云南化工, 2007, 34(4):59-62.
- WANG Yigeng, QIN Yunhua, LU Sheming, et al. Review on the Determination of Free Nicotine from Total Particulate Matter of Mainstream Smoke [J]. Yunnan Chemical Technology, 2007, 34(4):59-62.
- [30] 李国政, 邱建华, 周浩, 等. 卷烟烟气 pH 值研究进展 [J]. 食品与机械, 2017, 33(5):216-219.
- LI Guozheng, QIU Jianhua, ZHOU Hao, et al. Advantage of pH value in cigarette smoke[J]. Food & Machinery, 2017,33(5):216-219.
- [31] Schmeltz I, Stedman R L, Chamberlain W J, et al. Composition studies on tobacco. XX—bases of cigarette smoke [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1964, 15:774-781.
- [32] Armitage A K, Turner D M. Absorption of nicotine in cigarette and cigar smoke through the oral mucosa [J]. Nature, 1970, 226(52): 1231-1232.
- [33] 谢剑平, 刘惠民, 朱茂祥, 等. 卷烟烟气危害性指数研究 [J]. 烟草科技, 2009(2):5-15.
- XIE Jianping, LIU Huimin, ZHU Maoxiang, et al. Development of a novel hazard index of mainstream cigarette smoke and its application on risk evaluation of cigarette products [J]. Tobacco Science & Technology, 2009(2):5-15.
- [34] Rickert W S, Robinson J C, Bray D F, et al. Characterization of tobacco products: a comparative study of the tar, nicotine, and carbon monoxide yields of cigars, manufactured cigarettes, and cigarettes made from fine-cut tobacco [J]. Preventive Medicine, 1985, 14(2):226-233.
- [35] Sloan C H, Morie G P. Determination of unprotonated ammonia in whole cigarette smoke [J]. Beiträge zur Tabakforschung, 1976, 8:362-365.
- [36] Reilly S M, Reema G, Zachary B, et al. Little cigars, filtered cigars, and their carbonyl delivery relative to cigarettes [J]. Nicotine & Tobacco Research, 2018, 20(1):S99-S106.
- [37] Turkish Tobacco Essential Oil. Truth Tobacco Industry Documents [RDM]. (1978) [2016-1-8]. <http://industrydocuments.library.ucsf.edu/tobacco/docs/llkn0096>.
- [38] 黄婷婷, 王静, 符云鹏. 烟草赖百当二萜代谢调控机制研究进展 [J]. 中国烟草学报, 2019, 25(01):109-114.
- HUANG Tingting, WANG Jing, FU Yunpeng. Research progress on metabolic regulation mechanism of labdane diterpenes in tobacco [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2019, 25(01):109-114.
- [39] Bazemore R, Harrison C, Greenberg M. Identification of components responsible for the odor of cigar smoker's breath [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(2):497-501.
- [40] 李青青, 杨靖, 李文伟, 等. 卷烟主流烟气 pH 和粒相物 pH 的测定及与感官质量的关系 [J]. 烟草科技, 2015(10):68-72.
- LI Qingqing, YANG Jing, LI Wenwei, et al. Determination and relationships with sensory quality of pH values of mainstream cigarette smoke and its particulate matters[J]. Tobacco Science & Technology, 2015(10):68-72.
- [41] 顾永波, 肖作兵, 刘强, 等. 卷烟主流烟气 pH 值的测定及其与感官评吸的相关性研究 [J]. 食品工业, 2011(2):97-99.
- GU Yongbo, XIAO Zuobing, LIU Qiang, et al. Determination of pH in cigarette mainstream smoke and the correlation with sensory quality [J]. The Food Industry, 2011(2):97-99.
- [42] Dethloff O, Mueller C, Cahours X, et al. Cigar burning under different smoking intensities and effects on emissions [J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2017, 91(12):190-196.
- [43] Koszowski B, Rosenberry Z R, Yi D, et al. Smoking behavior and smoke constituents from cigarillos and little cigars[J]. Tobacco Regulatory Science, 2017, 3(1):S31- S40.
- [44] Rosenberry Z R, Pickworth W B, Bartosz K. Large cigars: smoking topography and toxicant exposure [J]. Nicotine and Tobacco Research, 2018, 20(2):183-191.
- [45] Melvin M S, Blake T L, Regina Ballentine M, et al. The challenges of machine smoking the diverse cigar product category[C]//Tobacco Science Research Conference, 2017.
- [46] Ballentine R M, Avery K C, Melvin M S, et al. Evaluation of available test methods for the determination of carbonyls in mainstream cigar smoke[C]//CORESTA Meeting, 2017.
- [47] Zhu J, Brooks C, Pittaway L. Analysis of aromatic amines in mainstream cigarette and cigar smoke by GC-MS[C]//Tobacco Science Research Conference, 2017.
- [48] Gillman I G, Maines J H, Jablonski J, et al. Validation and routine use of a method for the determination of carbonyl compounds in cigar smoke[C]//CORESTA Meeting, 2017.
- [49] Brooks C. Determination of select volatile organic hydrocarbons in cigar smoke[C]//Tobacco Science Research Conference, 2017.
- [50] Cecil T L, Brewer T M, Young M, et al. Acrolein yields in mainstream smoke from commercial cigarette and little cigar tobacco products[J]. Nicotine & Tobacco Research, 2017, 19(7): 865-870.

Advances in chemical constituents of cigars smoke

YANG Juan¹, LUO Cheng¹, LI Dongliang¹, XU Heng¹, PANG Yongqiang², ZHU Beibei¹,
LI Junhua¹, LIAO Zhanhe³, ZHOU Ting³, ZHANG Hongfei^{2*}

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

2 China National Tobacco Quality Supervision and Test Center, Zhengzhou 450001, China;

3 Greatwall Cigar Factory, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Shifang 618400, China

Abstract: Cigars have become a new hotspot of Chinese tobacco consumption due to their unique flavors. The chemical composition of cigar smoke is the material basis for its sensory quality and style characteristics. This article combs and summarizes the literature from the chemical composition of cigar smoke and its influence on sensory style, and looks forward to the focus of future research on cigar smoke chemistry to provide reference or support for related research.

Keywords: cigar; smoke; chemical constituents; sensory flavor