

烟支含水率对卷烟烟气成分的影响

黎洪利^{1,2}, 文 鹏², 戴迎雪^{1,2}, 赵朋贤²

1 中国科学技术大学, 烟草科学与健康研究中心, 合肥市美菱大道 121 号 230052;

2 重庆烟草工业有限责任公司, 重庆市南岸区南坪东路 2 号 400060

摘要: 为分析烟支含水率对烤烟烟气成分的影响, 通过不同相对湿度平衡烟支得到不同含水率的试验样品, 对卷烟样品主流烟气成分进行分析。结果表明, 烟支含水率对烟碱、甲醛、苯酚、挥发酸、丙二醇、丙三醇、柠檬烯、新植二烯有明显影响。

关键词: 烤烟; 含水率; 烟气成分

中图分类号: TS411.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2009)02-0010-05

Effects of moisture content on mainstream cigarette smoke

LI Hong-li^{1,2}, WEN Peng², DAI Ying-xue^{1,2}, ZHAO Peng-xian²

1 Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei 230052, China;

2 Chongqing Tobacco Industrial Co. Ltd, Chongqing 400060, China

Abstract: In order to find out the effects of moisture content on mainstream cigarette smoke, variation of the water content in cut tobacco was obtained under the same temperature and different humidity atmosphere for conditioning. Mainstream cigarette smoke was analyzed, and the effects of moisture on mainstream cigarette smoke were determined. Results showed that moisture content had obvious effects on smoke components including nicotine, formaldehyde, phenol, volatile acids, propylene glycol, glycerol, limonene, neophytadiene.

Key words: flue-cured tobacco; moisture content; smoke component

由于季节或地域的不同, 我国各地的大气温度和相对湿度有较大差别, 而大多牌号的卷烟产品在我国各地都有销售, 所以卷烟密封不好, 或拆包后长时间没有吸食, 其含水率会发生变化, 从而影响卷烟吸食品质。有关卷烟含水率对卷烟烟气成分的影响, 国外已有文献^[1]报道, 但国内的相关报道很少。本试验按照相关文献^[2-5]报道的方法, 分别对烤烟型卷烟烟气中 CO、烟碱、焦油、水分、香味物质、酸类、酚类及羰基化合物等进行测定, 旨在探讨卷烟含水率对卷烟烟气中具体物质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

材料: 烤烟型卷烟(烟支长度为 84 mm); 92 mm

剑桥滤片; 0.45 μm 微孔滤膜。

试剂: 二氯甲烷(色谱纯, 美国 TEDIA 公司); 环己烷、乙腈(色谱纯, 美国 FISHER 公司); N,O-双(三甲硅基)三氟乙酰胺(BSTFA)、反-2-己烯酸、肉桂酸(分析纯, 美国 ACROS ORGANICS 公司); 十七碳烷(分析纯, 德国默克公司);

仪器: RM20/CS 型吸烟机(德国 BORGWALDT 公司); FD115 烘箱(德国 BINDER 公司); HP6890N/5973 MSD 气质联用仪(美国安捷伦科技公司); KBF240 恒温恒湿箱(德国 BINDER 公司); AX504 电子分析天平(感量: 0.0001 g, 瑞士梅特勒公司); 8893E-DTH 超声清洗机(美国 cole-parmer 公司); 1100 高效液相色谱仪(美国安捷伦公司), 包括 1100 四元泵、1100 荧光检测器和色谱工作站。

1.2 方法

1.2.1 试验样品的制备

取 100 支烟支, 求其平均重量, 在烟支重量分选仪上进行烟支重量挑选, 挑选出烟支重量为平均重量 ±

作者简介: 黎洪利, 男, 在读硕士研究生, 工程师, 主要从事烟草化学研究, Tel: 023-62940915, E-mail: lhlhl@sina.com

收稿日期: 2008-05-21

0.02 g 的试验样品备用。将挑选好的样品分成 7 份, 在相同温度(22℃)、不同相对湿度条件下平衡 48 h (具

体平衡条件如表 1), 作为制备好的样品。

表 1 烟支平衡条件

样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
湿度 45%	湿度 50%	湿度 55%	湿度 60%	湿度 65%	湿度 70%	湿度 75%

1.2.2 烟丝水分和烟支吸阻的测定

将平衡好的样品取出, 按 GB/T5606.3-1996 和 YC/T 28.5 分别测定各样品的烟丝水分和烟支吸阻。

1.2.3 卷烟烟气 CO、烟碱、焦油、水分的测定

分别对各样品按 GB/T19609-2004《卷烟用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油》和 YC/T30-1996《卷烟烟香气相中一氧化碳的测定——非散射红外法》测定烟气总粒相物和 CO 量; 按 YC/T156-2001《卷烟总粒相物中烟碱的测定——气相色谱法》和 YC/T157-2001《卷烟总粒相物中水分的测定——气相色谱法》测定烟气烟碱量和水分量; 按 GB/T19609-2004 计算出焦油量。

1.2.4 卷烟烟气总粒相物中香味物质的测定

分别对各样品按文献 [2] 的方法测定卷烟主流烟气总粒相物中的香味物质。主要操作步骤为: 样品在标准抽吸条件下抽吸, 将捕集了总粒相物的滤片取下, 折起放入 150 mL 三角瓶中, 加入 50 mL 二氯甲烷和 100 μ L 含正十七烷(内标)的异丙醇溶液, 振荡 30 min 后过滤, 将滤液浓缩至 1 mL, 取 2 μ L 进行 GC 分析。

1.2.5 卷烟主流烟气总粒相物中有机酸的测定

分别对各样品按文献 [3] 的方法测定卷烟主流烟气总粒相物中挥发性和半挥发性有机酸。主要操作步骤为: 10 支样品在标准抽吸条件下抽吸, 吸毕, 空吸 5 口, 使主流烟气自由沉积 30 s, 迅速取出剑桥滤片后用脱脂棉擦拭捕集器, 将剑桥滤片和脱脂棉一并放入 150 mL 三角瓶中, 加入 25.0 mL 二氯甲烷, 以及含有反-2-己烯酸(内标)的环己烷溶液和肉桂酸(内标)的二氯甲烷溶液各 50 μ L, 摇匀, 20℃ 下超声波萃取 20 min, 静置 5 min。取 1.5 mL 上清液, 用 0.45 μ m 微孔滤膜过滤, 滤液转入 2 mL 色谱瓶中, 加入 60 μ L BSTFA, 密封,

在 60℃ 水浴中反应(衍生化)50 min, 取出, 冷却至室温, 取样进行 GC/MS 分析。

1.2.6 卷烟主流烟气中酚类物质的测定

分别对各样品按文献 [4] 的方法测定卷烟主流烟气中的酚类物质。主要操作步骤为: 20 支样品在标准抽吸条件下抽吸, 吸毕, 空吸 5 口, 迅速取出剑桥滤片后用脱脂棉擦拭捕集器, 将剑桥滤片和脱脂棉一并放入 150 mL 三角瓶中, 在锥形瓶内准确加入 50 mL 10 g/L 的氢氧化钠溶液, 盖好塞子, 振荡浸取 50 min, 过滤, 将滤液以 20 mL/min 的流速通过 Water Sep-Pak C₁₈ 固相萃取小柱, 过柱后的溶液用醋酸调 pH 值为 2.0~4.0 并准确定容到 50 mL, 取 2 mL 上清液, 用 0.45 μ m 微孔滤膜过滤, 滤液转入 2 mL 色谱瓶中, 取 2 μ L 进行色谱分析。

1.2.7 卷烟主流烟气中主要羰基化合物的测定

分别对各样品按文献 [5] 的方法测定卷烟主流烟气中主要羰基化合物。主要操作步骤为: 先用 2,4-二硝基苯肼处理剑桥滤片, 然后用处理后的剑桥滤片捕集卷烟烟气, 每张滤片捕集 5 支卷烟, 卷烟抽吸结束后, 空吸 2 口, 取出捕集器, 放置 3 min, 使烟气中的羰基化合物充分与 DNPH 进行反应。取出滤片, 转移至 150 mL 三角瓶中, 用移液管准确加入 50 mL 2% 的吡啶/乙腈(v/v)溶液, 机械振荡 10 min, 静置 2 min, 取适量萃取液用 0.45 μ m 微孔滤膜过滤后, 移到 2 mL 色谱瓶中, 进行 HPLC 分析。

2 结果与讨论

2.1 相对湿度对烟丝含水率的影响

在相同温度、不同相对湿度条件下平衡烟支得到不同含水率的试验样品(表 2)。

表 2 烟丝含水率测定结果

(%)

样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
8.87	9.97	11.42	12.73	14.78	17.11	18.38

2.2 烟丝含水率对烟气 CO、烟碱、焦油、水分及烟支吸阻的影响

试验表明,含水率越高的样品其吸阻及烟气水分量、焦油量、烟气 CO 量等也越大,而烟气烟碱量有所减小(表 3),这与文献 6 报道的一致;焦油量和总粒相物量的变化趋势与文献 1 报道的不同,其原因可能

是叶组配方的不同。焦油量和烟气 CO 量增加的原因可能是因为烟丝含水率越高,烟丝燃烧时其水分受热汽化所需的热量越多,导致燃烧温度降低、燃烧不彻底、抽吸口数相应增加。而其烟碱量的减少也从化学角度解释了为什么受潮卷烟吃味平淡、劲头减小。

表 3 卷烟烟气 CO、烟碱、焦油、水分及烟支吸阻测定结果

样品	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
T.P.M. 平均值/(mg/支)	17.23	18.00	18.54	18.71	19.27	19.56	19.94
平均抽吸口数/口	7.06	7.36	7.62	7.90	8.22	8.76	9.13
CO 平均值/(mg/支)	13.73	13.88	13.99	15.03	15.11	15.46	15.99
烟碱/(mg/支)	1.50	1.48	1.45	1.41	1.36	1.33	1.31
烟气水分/(mg/支)	2.88	2.94	3.06	3.11	3.19	3.38	3.57
焦油/(mg/支)	12.85	13.58	14.03	14.19	14.72	14.85	15.06
吸阻/Pa	967	982	1013	1030	1047	1059	1072

2.3 烟丝含水率对卷烟香味物质的影响

从表 4 可以看出,各香味物质的变化趋势并不相同,其中随烟支含水率增加而增加的物质有柠檬烯、新植二烯、丙二醇、丙三醇等;随烟支含水率增加而减少的物质有糠醛、邻苯二甲酸二乙酯、5-羟甲基糠醛。在

增加的物质中,丙二醇和丙三醇具有甘甜的口感,能够减轻烟气的干燥感;而柠檬烯和新植二烯能提高卷烟香气;这些物质的变化规律反映了烟丝水分对卷烟口感及香味的影响。

表 4 总粒相物中香味物质测定结果

样品	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
糠醛	1.038	1.025	1.013	1.000	0.984	0.971	0.966
柠檬烯	0.904	0.926	0.984	1.000	1.063	1.115	1.186
2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	0.966	0.971	0.984	1.000	1.013	1.025	1.038
5-羟甲基糠醛	1.063	1.015	1.001	1.000	0.984	0.970	0.963
邻苯二甲酸二乙酯	1.145	1.212	1.136	1.000	0.942	0.910	0.870
新植二烯	0.957	0.972	0.973	1.000	1.027	1.063	1.075
十六烷酸甲酯	1.012	0.985	1.033	1.000	1.026	0.989	1.024
邻苯二甲酸二丁酯	0.983	0.995	1.008	1.000	1.063	0.998	0.984
丙二醇	0.925	0.946	0.983	1.000	1.132	1.352	1.446
丙三醇	0.886	0.964	1.063	1.000	1.115	1.236	1.599
三醋酸甘油酯	0.885	0.926	0.978	1.000	1.025	0.983	0.975

注:由于该试验只是定性比较不同含水率对卷烟烟气成分的影响,所以试验中未进行准确定量,而是将相对湿度为 60% 所平衡的样品的烟气成分含量设定为单位“1”,其余不同含水率样品的烟气成分与之比较(下表同)。

2.4 烟丝含水率对总粒相物中挥发性和半挥发性有机酸的影响

从表 5 可以看出,沸点较低的挥发性有机酸如甲酸、乙酸、丙酸等随烟丝含水率的减少而增加,其余的半挥发性有机酸则没有明显的变化趋势。而甲酸、乙酸和丙酸有刺激性气味^[7],这可能是水分越低的卷烟其刺激性越大的原因之一。

2.5 烟丝含水率对主流烟气中的酚类物质的影响

简单酚类化合物是卷烟主流烟气中的一类重要有害成分,特别是苯酚和儿茶酚对呼吸系统有腐蚀作用和助癌作用,近年来逐渐引起了烟草化学工作者的注意^[8]。从表 6 可以看出,主流烟气中的一元酚随烟丝含水率的减少而明显增加,二元酚变化不明显。因此,卷烟烟丝水分偏低,对卷烟的安全性不利。

表5 总粒相物中挥发性和半挥发性有机酸测定结果

样品	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
甲酸	1.072	1.053	1.045	1.000	0.955	0.942	0.909
乙酸	1.252	1.092	1.053	1.000	0.908	0.925	0.837
丙酸	1.292	1.142	1.082	1.000	0.918	0.841	0.750
乳酸	1.204	1.094	1.033	1.000	0.967	0.972	1.081
羟基乙酸	1.063	1.023	1.008	1.000	0.992	0.997	1.000
呋喃酸	1.125	1.005	0.990	1.000	1.010	1.021	1.061
十六烷酸	1.142	1.020	0.979	1.000	1.021	1.015	1.088
亚油酸	0.956	1.013	0.969	1.000	1.031	1.005	1.031
油酸	0.986	1.038	0.979	1.000	1.021	1.016	1.021
亚麻酸	1.150	1.020	1.028	1.000	0.972	0.967	0.927
十八烷酸	1.066	1.033	0.974	1.000	1.026	1.142	1.131

表6 主流烟气中的酚类物质的测定结果

样品	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
苯酚	1.965	1.296	1.171	1.000	0.836	0.829	0.577
邻甲酚	1.820	1.143	1.090	1.000	0.910	0.862	0.785
对甲酚和间甲酚	1.393	1.154	1.087	1.000	0.963	0.913	0.862
邻苯二酚	1.063	1.023	1.008	1.000	0.992	0.997	1.021
间苯二酚	1.045	1.022	1.036	1.000	1.003	0.989	0.976
对苯二酚	1.043	0.999	1.067	1.000	0.993	1.092	1.064

2.6 烟丝含水率对主流烟气中主要羰基化合物的影响

低分子量羰基化合物具有较强的纤毛毒性,这类化合物主要由糖类物质在卷烟燃烧过程中热裂解生

成^[5]。从表7可以看出,甲醛、乙醛、丙烯醛等低分子量羰基化合物随烟丝含水率的减少而增加。这也说明,烟丝含水率偏低,有利于低分子量化合物的生成,不利于卷烟安全性。

表7 主流烟气中主要羰基化合物的测定结果

样品	样品 A	样品 B	样品 C	样品 D	样品 E	样品 F	样品 G
甲醛	1.255	1.101	1.085	1.000	0.915	0.840	0.831
乙醛	1.031	1.028	1.013	1.000	0.987	0.978	0.951
丙酮	1.040	1.042	0.996	1.000	0.985	0.996	0.973
丙烯醛	1.086	1.057	1.025	1.000	0.975	0.967	0.952
丙醛	1.028	1.014	1.012	1.000	1.003	0.997	0.953
巴豆醛	0.979	0.991	0.998	1.000	1.002	1.004	1.009
2-丁酮	0.943	0.996	0.985	1.000	1.015	1.009	1.055
丁醛	0.995	0.980	0.997	1.000	1.003	1.052	1.088

2.7 烟支含水率对每口烟气成分及单位毫克焦油中化学成分的影响

将各指标测定值除以对应的抽吸口数,得到每口烟气成分。由于抽吸口数随水分的增加而增加,因此,那些原本随水分增加而增加的指标,其变化规律不明显或不再随水分的增加而增加;而那些随水分减少而增加的指标,其变化规律更明显,也就是说由于水分的减少而导致平均每口差异更明显。文献[1]也曾经提

到,在抽吸卷烟过程中,由于水分在后部烟丝上的富集,从而导致不同含水率的烟支其前几口烟气的化学成分差异更明显。这就说明,烟支水分偏低,消费者在前几口就能感觉出来,而且感觉比测定的每支烟气变化更明显。由于焦油随抽吸口数的增加而增加,所以单位毫克焦油中化学成分的变化规律与每口烟气成分的变化规律相同。

3 结论

本试验从化学成分的角度探讨了烟丝含水率对卷烟主流烟气成分的影响,各化合物的变化趋势不尽相同。随烟支含水率减少而增加的物质有烟碱、甲醛、乙醛、苯酚、挥发酸等,这些物质大多有毒或对卷烟吃味不利;而随烟支含水率增加而增加的物质有柠檬烯、新植二烯、丙二醇、丙三醇等,这些物质大多能够起到增加卷烟香味,减少刺激性和干燥感的作用。因此,烟丝含水率对卷烟吃味和安全性具有重要影响。

本试验虽然为卷烟安全性及产生干燥感的原因提供了部分理论数据,但由于卷烟烟草配方存在较大差别,各种不同助燃剂等辅料的加入,使得烟支的燃烧非常复杂,从而可能导致不同类型卷烟的变化趋势不同。本试验仅探索了烤烟型卷烟主流烟气中的部分化合物,混合型卷烟及烟气中的其他化合物还需进一步研究。

参考文献

- [1] Zha Q, Moldoveanu S C. The influence of cigarette moisture to the chemistry of particulate phase smoke of a common commercial cigarette[J]. Beitr Tabakforsch, 2004, 21(3): 184-191.
- [2] 朱晓兰,刘百战,朱青林,等. 卷烟烟气中挥发性组分的毛细管气相色谱分析[J]. 分析测试学报, 2001(5): 38-42.
- [3] 鲁喜梅,谢复炜,刘晖,等. 卷烟主流烟气总粒相物中挥发性和半挥发性有机酸的分析[J]. 烟草科技, 2006(6): 24-29.
- [4] 陈章玉,张承明,徐若飞,等. 快速高效液相色谱法测定卷烟主流烟气中的酚[J]. 色谱, 2006, 24(2): 209.
- [5] 谢复炜,吴鸣,王异,等. 卷烟主流烟气中羰基化合物的改进分析方法[J]. 中国烟草学报, 2006, 12(5): 15-24.
- [6] 王惠平,孟红明,李雪梅,等. 不同湿度平衡条件对烟气分析结果的影响[J]. 烟草科学研究, 2001(4): 53-54.
- [7] 金闻博,戴亚. 烟草化学[M]. 北京:清华大学出版社, 1994: 36-37.
- [8] 张槐苓,葛翠英,穆怀静,等. 烟草分析与检验[M]. 郑州:河南科学技术出版社, 1994: 252.

《烟草科技》2009年第3期目次

·烟草工艺	香料烟中蔗糖酯的气相色谱/质谱分析
中草药提取液及酶制剂在烟叶中的应用	蔡莉莉,谢复炜,刘克建,等
..... 金劲松,文俊,刘通讯	两点法用于卷烟纸灰分滴定终点的确定
不同引射介质烟片加料效果的比较	彭丽娟,李苓,张燕,等
..... 张大波,王兵,孔臻,等	·烟草农学
部分替代卷烟配方中津巴布韦烟叶研究	植烟土壤有效态微量元素的空间变异及分布特征
..... 刘晓晖,刘敬珣,陈必春,等 姜翼来,颜丽,赫长红,等
干式冷却技术在卷烟空调节能中的应用探讨	不同品种烤烟对种植海拔的敏感性
陈南海 马剑雄,徐兴阳,罗华元,等
·设备与仪器	病虫害防治
FBD双回路控制系统的设计应用	Spinosad对烟草甲生物活性的影响
..... 李晓刚,詹建胜,张伟,等 张晓梅,王正刚,李明,等
基于EM-Plant的柔性烟草制丝生产线物流系统的仿真	大蒜粗提物对烟草青枯病菌的室内抑制作用测定
..... 梁志强,王勇,杨忠文 张汉干,赖荣泉,陈志敏,等
制丝线加香加料掺配系统计量精度的在线校准	
..... 张蒙生,毋玉莲,王聚奎,等	
·烟草化学	
低级脂肪酸多元醇混合酯的合成及其在烟草中的加香评价 ...	
..... 曾世通,李鹏,胡军	