

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90060

含水率对加热卷烟气溶胶主要成分释放量的影响

Effect of tobacco moisture content on releases of main components in heated cigarette aerosol

张 虎^{1,2} 段沅杏¹ 赵 杨¹ 李世卫¹ 杨 柳¹ZHANG Hu^{1,2} DUAN Yuan-xing¹ ZHAO Yang¹ LI Shi-wei¹ YANG Liu¹

(1. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南 昆明 650231; 2. 湘潭大学环境与资源学院, 湖南 湘潭 411105)

(1. R&D Center of China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650231, China;

2. Xiangtan University, Department of Environment and Resources, Xiangtan, Hunan 411105, China)

摘要:目的:探讨加热卷烟烟支含水率对气溶胶主要成分释放量的影响。方法:以 3 种不同类型的加热卷烟为研究对象,采用气相色谱法研究了不同平衡湿度加热卷烟烟支含水率对气溶胶主要成分释放量的影响。结果:① 平衡湿度与烟草材料含水率、气溶胶总粒相物释放量呈正相关;② 不同平衡湿度加热卷烟烟支含水率对气溶胶中丙三醇和烟碱的释放量影响较大,对丙二醇释放量影响较小;③ 气溶胶中烟碱的释放量随平衡湿度的增加呈先增加后减小的趋势,50% 相对湿度平衡下加热卷烟气溶胶的烟碱释放量最高。结论:烟芯材料水分含量会对加热卷烟气溶胶总粒相物、发烟剂和烟碱的释放量均有影响。

关键词:加热卷烟;含水率;气溶胶;化学成分;丙三醇;丙二醇;烟碱;气相色谱

Abstract: Objective: To investigate the effect of moisture content of heated cigarette on releases of aerosol main components. **Methods:** Three different types of heated cigarettes were used to study the effects of moisture content of cigarette sticks on the release of main aerosol components by gas chromatography. **Results:** ① The equilibrium humidity was a positive correlation between the moisture contents of tobacco materials and releases of total aerosol particulate matters. ② The moisture contents of heated cigarettes stored at different equilibrium humidities had a great effect on releases of glycerol and nicotine in aerosol, but a small effect on release of propylene glycol. ③ The release of nicotine in aerosols increased first and then decreased with the increase of

equilibrium humidity, and release of nicotine in aerosol was the highest after heated cigarette stored at 50% relative humidity.

Conclusion: The water content of three kinds of heated cigarette tobacco materials has influence on the release amount of total aerosol particles, smoke agent and nicotine.

Keywords: heated cigarette; water content; aerosol; chemical component; glycerol; propylene glycol; nicotine; gas chromatography

加热卷烟是利用电子设备对烟草材料进行加热而释放出气溶胶的一种烟草制品,其加热温度一般不超过 500 °C^[1-2]。与传统卷烟相比,加热卷烟的发烟方式和气溶胶主要成分均存在较大差异,加热卷烟烟草材料中常添加一定量的丙二醇或丙三醇作为烟雾生成剂^[3-4]。加热卷烟气溶胶的烟碱释放量远低于传统卷烟,而烟碱释放量大小决定了加热卷烟是否满足消费者的生理需求^[5],因此测定加热卷烟气溶胶中丙二醇、丙三醇和烟碱的释放量具有重要意义。目前关于加热卷烟的研究主要集中在气溶胶释放规律^[6-7]、加热温度^[8-9]和烟草材料成分分析^[10-11]等方面。

烟支含水率与卷烟感官舒适度存在紧密联系^[12-13],加热卷烟烟草材料中烟雾生成剂具有吸水性,吸水后势必对加热卷烟的抽吸品质产生影响。李朝建等^[14]曾研究了烟草材料为稠浆法和造纸法再造烟叶的烟支水分与气溶胶中烟碱和丙三醇释放量的相关性。而目前研发的加热卷烟烟草材料除稠浆法和造纸法再造烟叶外,还有传统烟丝与再造烟叶混合制成^[15];且除了丙三醇,还大量使用丙二醇作为烟雾生成剂^[7]。

研究拟系统考察不同烟草材料加热卷烟在不同湿度下平衡后对气溶胶主要成分(丙三醇、丙二醇和烟碱)释放量的影响,旨在为制丝过程中调控加热卷烟烟草材料含水率和提升烟支抽吸品质提供参考。

基金项目:云南省青年基金项目(编号:2019FD088);云南中烟工业有限责任公司项目(编号:2020XY03,2019XY01)

作者简介:张虎,男,湘潭大学在读硕士研究生。

通信作者:段沅杏(1986—),女,云南中烟工业有限责任公司副研究员,硕士。E-mail: 442677197@qq.com

收稿日期:2021-10-14

1 材料与方法

1.1 材料、试剂和仪器

加热卷烟 A 和 C 烟具配套烟支(样品参数见表 1): 国外购买;

加热卷烟 B 烟具配套烟支(样品参数见表 1): 实验室自制;

Φ 44 mm 剑桥滤片: 德国 Borgwaldt Technik 公司;

0.22 μm 有机相滤膜: 上海讯同有限公司;

烟碱: 纯度 ≥ 99%, 国家烟草质量监督检验中心;

丙二醇: 纯度 > 99.8%, 北京百灵威科技有限公司;

丙三醇: 纯度 > 99%, 天津致远化学试剂有限公司;

2-甲基喹啉标准品: 纯度 > 99%, 加拿大 TRC 公司;

1,3-丁二醇标准品: 纯度 > 99.5%, 加拿大 TRC 公司;

异丙醇、甲醇: 色谱纯, 美国 Fisher 公司;

电子烟吸烟机: X500E-A 型, 上海帕夫曼自动化仪器有限公司;

气相色谱仪: TRACE 1310 型, 配氢火焰检测器和热导检测器, 美国 Thermo 科技有限公司;

水分活度仪: Aqualab 4TE 型, 美国 Decagon 公司;

振荡仪: HY-8 型, 常州国华电器有限公司。

表 1 样品参数

Table 1 Parameters of sample

样品	烟草材料	加热温度/℃	加热方式	雾化剂
加热卷烟 A	造纸法	220	周向加热	丙二醇、丙三醇
加热卷烟 B	传统烟丝和造纸法	220	周向加热	丙二醇、丙三醇
加热卷烟 C	稠浆法	345	中心加热	丙二醇、丙三醇

1.2 方法

1.2.1 烟支平衡 将加热卷烟 A、加热卷烟 B 和加热卷烟 C 在温度为(22±1)℃、相对湿度(RH)分别为 30%, 40%, 50%, 60%, 70% 的环境中平衡 48 h。

1.2.2 水分活度的测定 准确称取 0.5 g 不同相对湿度环境的加热卷烟 A、加热卷烟 B 和加热卷烟 C, 采用水分活度仪测定其水分活度(a_w)。

1.2.3 气溶胶总粒相物的捕集 利用电子烟综合测试平台, 按照 CORESTA 推荐的抽吸方法(抽吸曲线: 钟形; 抽吸容量 55.0 mL; 抽吸持续时间 2 s; 抽吸间隔 30 s)^[16] 捕集 5 支样品卷烟的气溶胶粒相物; 加热卷烟 A 和 B, 每支卷烟抽吸 7 口; 加热卷烟 C, 每支卷烟抽吸 10 口。

1.2.4 烟草材料含水率测定 采用气相色谱法^[17]。称取 1.0 g 烟草材料, 放入锥形瓶中, 加入 50 mL 含异丙醇浓度为 2.0 mL/L 的甲醇萃取液, 振荡萃取 1 h, 取 1 mL 萃取液过滤, 采用配有热导检测器的气相色谱仪(GC-TCD)进行样品的含水率测定。色谱柱: HP-PLOT/Q 弹性石英毛细管柱(30 m×0.53 mm×40 μm); 固定液: 键合聚苯乙烯-二乙烯基苯(DVB); 程序升温: 170℃, 保持 6 min; 进样口温度: 250℃; 检测器温度: 250℃; 载气: 氮气, 流速 8.0 mL/min; 尾吹气: 氮气, 流速 10 mL/min; 参比流量: 25 mL/min; 进样量: 1 μL; 分流比: 5:1。

1.2.5 气溶胶中丙二醇、丙三醇和烟碱的检测 参考蔡君兰等^[18]的方法定量分析气溶胶中的烟碱、丙二醇和丙三醇。将捕集有气溶胶粒相物的剑桥滤片置于锥形瓶中, 加入 25 mL 含二甲基喹啉、1,4-丁二醇浓度均为 0.2 mg/mL 的异丙醇萃取液, 振荡 30 min, 取 1 mL 萃取液过滤, 采用配有配氢火焰检测器的气相色谱仪(GC-FID)进行样品中丙二醇、丙三醇和烟碱质量分数的测定。

色谱柱: DB-ALC1 弹性石英毛细管柱(30 m×0.32 mm×1.8 μm); 程序升温: 100℃保持 1 min, 以 15℃/min 升温至 220℃并保持 6 min; 总运行时间: 15 min; 进样口温度: 250℃; 检测器温度: 275℃; 载气: 氮气, 恒流流速 1.8 mL/min; 尾吹气: 氮气, 流速 5 mL/min; 进样体积: 1.0 μL; 分流比: 50:1。

2 结果与讨论

2.1 平衡湿度对烟草材料 a_w 的影响

为了保证平衡后的测试样品中水分活度接近真实值, 在环境温度为(22±1)℃条件下测定不同相对湿度下平衡 48 h 后烟草材料的 a_w 。从表 2 可以看出, 加热卷烟烟支平衡 48 h 后的水分活度接近真实值。

2.2 平衡湿度对烟草材料含水率的影响

由图 1 可知, 加热卷烟烟草材料的含水率随平衡湿度的增加不断增大。当湿度大于 50% 时, 3 种加热卷烟的吸湿速率急剧增加, 且加热卷烟 C 的含水率远高于加热卷烟 A 和 B, 造成这种差异的主要原因: ① 不同烟草原料自身的吸水性存在一定差异; ② 不同加热卷烟烟草材

表 2 加热卷烟烟草材料在不同平衡湿度下的水分活度
Table 2 Water activities of heated cigarette materials at different equilibrium humilities

相对平衡湿度/%	真实值	加热卷烟 A	加热卷烟 B	加热卷烟 C
30	0.3	0.344 9	0.336 3	0.320 5
40	0.4	0.403 5	0.408 5	0.389 6
50	0.5	0.488 9	0.494 3	0.485 8
60	0.6	0.561 0	0.569 3	0.572 5
70	0.7	0.671 0	0.676 0	0.683 5

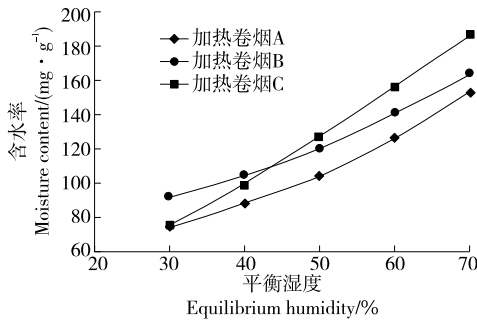


图1 不同平衡湿度下加热卷烟烟草材料含水率的变化
Figure 1 Changes of moisture content of tobacco materials in heated cigarette at different equilibrium humidity

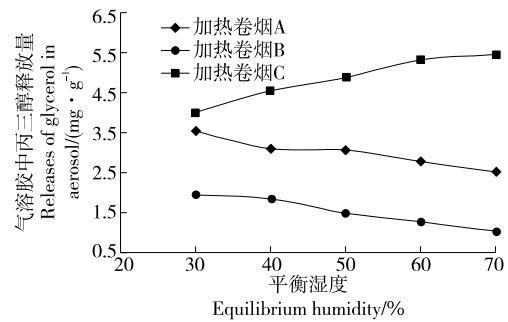


图3 加热卷烟气溶胶中丙三醇释放量随平衡湿度的变化
Figure 3 Variations of releases of glycerol in heated cigarette aerosol with equilibrium humidity

料中添加的丙二醇和丙三醇的量及添加比例存在差异(丙三醇吸水性能极强),故对水分的吸附能力也存在差异^[19-20]。将3种加热卷烟平衡湿度与含水率进行线性拟合发现3种加热卷烟平衡湿度与含水率均呈较强的正相关关系,相关系数分别为0.979 3,0.985 5,0.998 1。

2.3 平衡湿度对气溶胶总粒相物的影响

由图2可知,加热卷烟气溶胶总粒相物随平衡湿度的增加而不断增大,加热卷烟气溶胶总粒相物的增加主要是气溶胶中水分释放量的增加。同等湿度条件下,加热卷烟气溶胶总粒相物的释放量:A<B<C。将3种加热卷烟平衡湿度与气溶胶总粒相物拟合,发现均呈较强的正相关关系,相关系数分别为0.998 5,0.997 4,0.984 0。

2.4 平衡湿度对丙三醇释放量的影响

由图3可知,随平衡湿度增加,加热卷烟A和B气溶胶中丙三醇的释放量逐渐降低,加热卷烟C气溶胶丙三醇的释放量逐渐增大。造成这种差异的原因:①烟具的加热方式不同,加热卷烟A和B是周向加热,不直接接触烟草材料;加热卷烟C是中心加热,加热片直接插入烟草材料中心部位。②随烟支含水率增加,加热卷烟A和B烟具产生的热量(220℃左右)大部分供给水分蒸发所用,导致供给丙三醇释放的热量减少;而加热卷烟C烟具产生的热量(345℃)不仅能供给水分蒸发消耗所用,还能提

供足够的热量供烟草材料中丙三醇释放。因此,加热卷烟的含水率对其气溶胶中丙三醇的释放有较大影响。

2.5 平衡湿度对丙二醇释放的影响

由图4可知,加热卷烟A、B、C气溶胶中的丙二醇释放量随平衡湿度的增加呈平缓的下降趋势。这可能是因为3种加热卷烟烟具产生的热量足够丙二醇(沸点187℃)挥发所需热量。因此,加热卷烟的含水率对其气溶胶中丙二醇释放影响较小。

2.6 平衡湿度对烟碱释放的影响

由图5可知,3种加热卷烟气溶胶中烟碱的释放量随

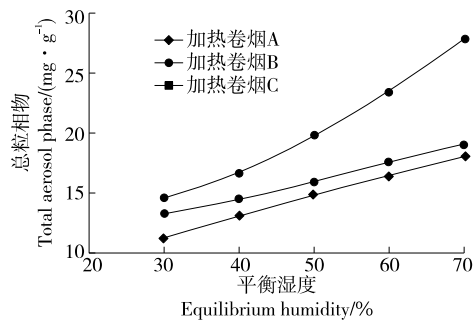


图2 加热卷烟气溶胶总粒相物与平衡湿度的关系
Figure 2 Relationship between total aerosol phase of heated cigarette and equilibrium humidity

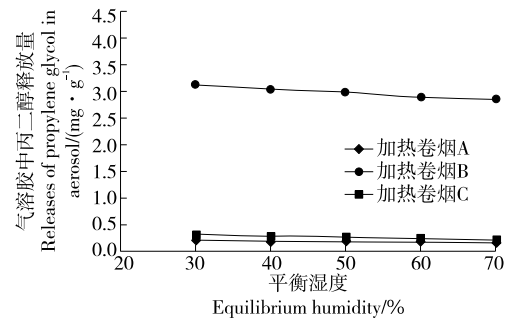


图4 加热卷烟气溶胶中丙二醇释放量随平衡湿度的变化
Figure 4 Variations of releases of propylene glycol in heated cigarette with equilibrium humidity

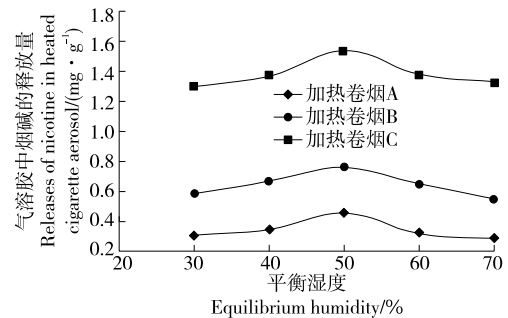


图5 加热卷烟气溶胶中烟碱释放量随平衡湿度的变化
Figure 5 Variations of releases of nicotine in heated cigarette aerosol with equilibrium humidity

平衡湿度的增加呈先增加后减少的趋势,在 50%湿度平衡下的烟碱释放量最高,烟支含水率过高或过低均会减少烟碱的释放。这可能是因为烟支含水率低,烟具加热导致烟草材料部分炭化;烟支含水率高,烟具加热产生的热量大部分供给水分蒸发所需热量,导致供给烟碱挥发所需的热量减少,间接解释了在同一烟具加热条件下含水率低的加热卷烟抽吸有呛刺、糊味,含水率高的加热卷烟吃味平淡、劲头减少。因此,加热卷烟的含水率对其气溶胶中烟碱释放有较大影响。

3 结论

研究了烟支含水率对 3 种类型加热卷烟气溶胶主要成分释放量的影响。结果表明:3 种加热卷烟烟芯材料水分含量对加热卷烟气溶胶总颗粒物、发烟剂和烟碱的释放量均有影响,且 50%湿度平衡下加热卷烟气溶胶的烟碱释放量最高,可作为加热卷烟烟芯材料工艺加工设计的参考。后续可针对不同含水率的加热卷烟气溶胶中的香味成分释放规律进行研究。

参考文献

[1] 张兴伟,邢丽敏,齐义良,等. 新型烟草制品未来发展探讨[J]. 中国烟草科学, 2015, 36(4): 110-116.
ZHANG Xing-wei, XING Li-min, QI Yi-liang, et al. Discussion on the development of novel tobacco products[J]. Chinese Tobacco Science, 2015, 36(4): 110-116.

[2] XIAO D, BAI C X, CHEN Z M, et al. Implementation of the world health organization framework convention on tobacco control in China: An arduous and long-term task[J]. Cancer, 2015, 121(S17): 3 061-3 068.

[3] 朱浩,席辉,柴国壁,等. 温度对加热非燃烧卷烟熏香成分释放的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(11): 33-38.
ZHU Hao, XI Hui, CHAI Guo-bi, et al. Effects of heating temperature on release of smoky aerosol components from heat-not-burn tobacco products[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(11): 33-38.

[4] 刘珊,崔凯,曾世通,等. 加热非燃烧型烟草制品剖析[J]. 烟草科技, 2016, 49(11): 56-65.
LIU Shan, CUI Kai, ZENG Shi-tong, et al. Analysis of blend and aerosol composition of two heat-not-burn tobacco products[J]. Tobacco Science & Technology, 2016, 49(11): 56-65.

[5] 谢剑平. 烟草与烟气化学成分[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 820-831.
XIE Jian-ping. Chemical components of tobacco and tobacco smoke[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011: 820-831.

[6] 张丽,王维维,张小涛,等. 加热不燃烧卷烟气溶胶中主要成分的转移行为[J]. 烟草科技, 2019, 52(3): 46-55.
ZHANG Li, WANG Wei-wei, ZHANG Xiao-tao, et al. Transfer behavior of main aerosol components in heat-not-burn tobacco products[J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(3): 46-55.

[7] 龚淑果,王巍,黄平,等. 加热不燃烧卷烟烟气主要成分逐口释放行为[J]. 烟草科技, 2019, 52(2): 62-71.

GONG Shu-guo, LIU Wei, HUANG Ping, et al. Puff-by-puff release of main aerosol components from two commercial heat-not-burn tobacco products[J]. Tobacco Science & Technology, 2019, 52(2): 62-71.

[8] 徐宏,陈焰,汤建国,等. 电加热新型卷烟烟具对象分析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(8): 215-216.
XU Hong, CHEN Yan, TANG Jian-guo, et al. Analysis on the temperature object of electric-heating cigarette heater[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2017, 45(8): 215-216.

[9] 周慧明,刘鸿,刘广超,等. 自制研究平台不同加热温度下电加热卷烟主要成分的释放行为[J]. 烟草科技, 2021, 54(6): 50-57.
ZHOU Hui-ming, LIU Hong, LIU Guang-chao, et al. Release behaviors of main aerosol components from electrically heated cigarettes at different temperatures based on a bespoke test platform[J]. Tobacco Science & Technology, 2021, 54(6): 50-57.

[10] 温光和,肯生叶,李峰,等. 加热不燃烧卷烟烟草材料中 1,2-丙二醇、丙三醇和烟碱的测定[J]. 中国烟草科学, 2019, 40(4): 69-75.
WEN Guang-he, KEN Sheng-ye, LI Feng, et al. Determination of 1,2-propylene glycol, glycerol and nicotine of tobacco materials in heat-not-burn cigarettes[J]. Chinese Tobacco Science, 2019, 40(4): 69-75.

[11] 杨继,杨帅,段沅杏,等. 加热不燃烧卷烟烟草材料热分析研究[J]. 中国烟草学报, 2015, 21(6): 7-13.
YANG Ji, YANG Shuai, DUAN Yuan-xing, et al. Investigation of thermogravimetry and pyrolysis behavior of tobacco material in two heat-not-burn cigarette brands[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2015, 21(6): 7-13.

[12] 杨凯,张朝平,余苓,等. 卷烟烟气水分对感官舒适度的影响[J]. 烟草科技, 2009, 50(1): 74-79.
YANG Kai, ZHANG Chao-ping, YU Ling, et al. Effects of moisture content in cigarette smoke on sensory coziness [J]. Tobacco Science & Technology, 2009, 50(1): 74-79.

[13] 寇伟,马林,王建民,等. 卷烟的卷制水分变化对卷制质量的影响[J]. 郑州轻工业学院学报, 2000, 15(4): 130-133.
KOU Wei, MA Lin, WANG Jian-min, et al. Analysis of the effects on moisture wave for cigarette making on cigarette quality [J]. Journal of Zhengzhou Institute of Light Industry, 2000, 15(4): 130-133.

[14] 李朝建,金勇,周成喜,等. 水分含量对不同类型加热不燃烧卷烟化学成分的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(10): 35-40.
LI Chao-jian, JIN Yong, ZHOU Cheng-xi, et al. The effects of moisture content on chemical components of different types of heat-not-burn tobacco products [J]. Food & Machinery, 2019, 35(10): 35-40.

[15] 董高峰,田永峰,尚善斋,等. 用于加热不燃烧(HnB)卷烟的再造烟叶生产工艺研究进展[J]. 中国烟草学报, 2020, 26(1): 109-117.
DONG Gao-feng, TIAN Yong-feng, SHANG Shan-zhai, et al. Production technology of reconstituted tobacco for heat-not-burn (HnB) cigarettes: A review[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2020, 26(1): 109-117.

(下转第 56 页)