

## 打叶复烤各工序对卷烟主流烟气氢氰酸与 苯并[a]芘和巴豆醛释放量的影响

陈昆燕, 冯广林, 李东亮, 杨杰\*, 谭兰兰, 刘德安, 周进华

(川渝中烟工业有限责任公司技术研发中心, 四川 成都 610066)

**摘要:** 选择红花大金元 B3F、C3F、X2F 烟叶, 对打叶复烤各工序卷烟主流烟气氢氰酸、苯并[a]芘和巴豆醛释放量进行研究。结果表明: 各工序上部烟叶卷烟样品的 HCN 释放量最高, 下部烟叶的最低, 一润工序较处理前较大幅度提高了上部烟叶氢氰酸释放量; 二润工序与一润工序相比, 下部烟叶苯并[a]芘释放量降低 9.36%; 复烤工序与二润工序相比, 下部烟叶巴豆醛释放量降低 14.96%, 中部烟叶苯并[a]芘释放量降低 17.29%。综合结果, 上部烟叶各工序间样品的主流烟气 3 种物质的变化强度都明显高于下部烟叶。

**关键词:** 打叶复烤; 卷烟主流烟气; 氢氰酸; 苯并[a]芘; 巴豆醛; 释放量

中图分类号: S572.01

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)02-0144-04

## Effects of threshing and redrying processes on delivery of HCN and benzo[a]pyrene and crotonaldehyde in cigarette mainstream smoke

CHEN Kun-yan, FENG Guang-lin, LI Dong-liang, YANG Jie\*, TAN Lan-lan, LIU De-an, ZHOU Jin-hua

(Technology Research Center, China Tobacco Chuanyu Industrial Co., Ltd., Chengdu 610066, China)

**Abstract:** Flue-cured tobacco leaves from cultivar Honghuadajinyuan graded B3F(upper leaves), C3F(middle leaves) and X2F(lower leaves) were chosen to investigate the effects of various threshing and redrying processes on the delivery of HCN, benzo[a]pyrene and crotonaldehyde in cigarette mainstream smoke. The results showed that the HCN delivery from upper leaves was the highest, while the lowest from the lower leaves. The HCN delivery of upper leaves got substantial increase after the first conditioning process, compared to which the benzo[a]pyrene delivery of lower leaves was reduced by 9.36% after the second conditioning process. The crotonaldehyde delivery of the lower leaves was reduced by 14.96% and the benzo[a]pyrene delivery of middle leaves was reduced by 17.29% after redrying process compared to those after the second conditioning process. The change intensity of the delivery of 3 components from the upper leaves was significantly bigger than that from the lower leaves after each process step.

**Key words:** threshing and redrying; cigarette mainstream smoke; HCN; benzo[a]pyrene; crotonaldehyde; delivery

氢氰酸(HCN)主要由氨基酸及相关化合物在 700 ~ 1 000 °C 下裂解产生<sup>[1]</sup>。有研究指出, 卷烟烟气中的 HCN 主要来自于烟草中的蛋白质、氨基酸和硝酸盐的转化, 即甘氨酸、脯氨酸及氨基二羧酸的热解<sup>[2]</sup>。HCN 在烟气中的含量虽很低<sup>[3-4]</sup>, 但却是烟气中最具纤毛毒性的物质, 是几种呼吸酶中非常活跃

的抑制剂, 对人体健康有害。烟气中的多环芳烃大多具有致癌性, 多环芳烃中最具代表性的苯并[a]芘, 其致癌作用明显高于其他多环芳烃<sup>[5]</sup>。挥发性羰基化合物是卷烟烟气中的另一类有害物质<sup>[6-8]</sup>, 其中, 巴豆醛含量较高, 且是呼吸道纤毛的毒素, 与 HCN 一起吸入后, 会抑制肺排泄物的清除, 从而导致肺

收稿日期: 2013-08-30

基金项目: 川渝中烟科研项目(川渝烟工技研[2010]347)

作者简介: 陈昆燕(1980—), 女, 四川大竹人, 硕士, 工程师, 主要从事烟草工艺技术研究, daisycky@163.com; \*通信作者, cyzygs@163.com

部疾病<sup>[9]</sup>。HCN、苯并[a]芘、巴豆醛均被列入“霍夫曼 44 种有害成分”<sup>[10]</sup>和“加拿大检测名单 46 种有害成分”<sup>[11]</sup>。谢剑平等<sup>[12]</sup>采用无信息变量删除法和遗传算法,从 29 种烟气有害成分中筛选出了最具代表性的包括 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛在内的 7 种卷烟烟气有害成分来评价卷烟的危害性。

打叶复烤是将烟叶从农产品转变为工业原料的重要加工环节,与卷烟主流烟气危害有着最为直接的联系。目前,行业内从卷烟材料<sup>[13-15]</sup>、叶组配方<sup>[16-18]</sup>、制丝加工工艺<sup>[19-20]</sup>等方面对 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛的释放量进行了大量研究。笔者研究了打叶复烤各工序对不同部位烟叶主流烟气中 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛释放量的影响,以期对打叶复烤各工序工艺参数的合理调整以及卷烟针对性减害提供更多参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与设备

供试烟叶取自四川会理烟叶基地。烤烟品种红花大金元,烟叶原料等级为 X2F(下部)、C3F(中部)、B3F(上部)。

复烤设备为会理复烤厂川渝专线、川渝中烟成都分厂制丝小线(300 kg/h)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 片烟样品的制备

采用各摆把台相同总数量,并同时摆把、同时结束的投料方式投料,以最大程度确保原料的均匀一致性。

根据会理复烤厂川渝专线工艺流程,试验原料各等级采用随机化试验原则,每批 9 000 kg,根据图 1 所示流程取样,分别经过原烟摆把、一润、二润、烟片复烤处理,各工序设备运行稳定后,根据测定的工艺时间,少量多次取样,四分法保留样品各 100 kg(重复 3 次)。其中 Y1、Y2、Y3 取样点所取样品,采用人工方法进行叶梗分离为片烟;各样

品含水率除 Y4 取样点样品外,其余样品均自然晾干至含水率(12.5±0.5)%时打包装箱。

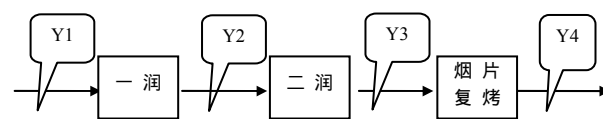


图 1 流程及取样点

Fig.1 Process diagram and sampling points

#### 1.2.2 卷制烟丝样品的制备

利用川渝中烟成都分厂制丝小线,采用同一工艺参数对片烟样品进行切丝处理,切后叶丝自然晾干至含水率(12.5±0.5)%。

#### 1.2.3 卷烟样品的制备

各试验烟丝在同一机台用相同卷接材料卷制,烟支的圆周、硬度及单支质量均在规定的允差范围内。

#### 1.2.4 卷烟主流烟气中 HCN、苯并[a]芘及巴豆醛释放量的测定

根据 GB/T16450—2004 样品卷烟在温度(22±1)℃、相对湿度(60±2)%条件下平衡 48 h,按质量(930±20) mg、吸阻(950±50) Pa 限制条件筛选。依据文献<sup>[21-23]</sup>测定卷烟主流烟气中 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛的释放量。

### 1.3 数据处理

使用 SPSS V17.0 软件,采用 Duncan's multiple range test 方法进行样品间显著性差异分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 一润工序对卷烟 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛释放量的影响

打叶复烤各工序的各等级卷烟样品的 HCN、苯并[a]芘、巴豆醛释放量检测值见表 1。

从表 1 可看出,以初烤原烟为对照样,经过一润工序,上部烟叶与下部烟叶卷烟样品 HCN 释放量比对照均有所提高,差异显著,尤其上部烟叶卷烟样品 HCN 释放量增幅达到 15.49%。

表1 不同工序不同等级卷烟主流烟物质释放量

工序	HCN/ $\mu\text{g}$			苯并[a]芘/ng			巴豆醛/ $\mu\text{g}$		
	X2F	C3F	B3F	X2F	C3F	B3F	X2F	C3F	B3F
初烤后原烟	137.7c	157.0a	155.5d	13.21b	13.62d	11.54a	15.16d	17.26a	15.72a
一润后	142.0b	141.9d	179.6c	13.77a	13.73a	10.75c	14.73c	15.60b	14.09d
二润后	140.9b	143.6c	177.0b	12.48c	13.71c	11.39b	18.12a	13.67d	14.86c
复烤后烟片	147.3a	151.4b	197.7a	11.45b	11.34b	10.74c	15.41b	14.74c	15.13b

释放量以每支烟计。

下部烟叶与中部烟叶卷烟样品苯并[a]芘释放量比对照样增幅分别为4.24%和0.81%，差异显著；上部烟叶卷烟样品苯并[a]芘释放量较对照样有所降低，降低6.85%。

各等级卷烟样品巴豆醛释放量较初烤原烟分别降低2.84%、9.62%、10.37%，差异显著。

## 2.2 二润工序对卷烟 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛释放量的影响

以一润后样品为对照样，经过二润工序，上部烟叶卷烟样品 HCN 释放量有所降低，但降低幅度较小，为1.45%；下部烟叶卷烟样品 HCN 释放量，二润工序前后无显著差异。

各等级卷烟样品苯并[a]芘释放量，经二润工序，下部与中部烟叶卷烟样品苯并[a]芘释放量比一润对照样降低9.37%与1.46%；上部烟叶苯并[a]芘释放量比对照样增加5.95%。

各等级卷烟样品巴豆醛释放量，与一润后对照样品相比，二润后下部、中部卷烟样品巴豆醛释放量分别降低23.01%、12.37%；上部烟叶卷烟样品巴豆醛释放量比对照样增加5.46%。

## 2.3 复烤对卷烟 HCN、苯并[a]芘和巴豆醛释放量的影响

以二润后卷烟样品为对照样，经过复烤工序，中部烟叶与下部烟叶卷烟样品 HCN 释放量分别提高4.54%和5.43%；上部烟叶卷烟样品 HCN 释放量降低11.69%。

经过复烤工序，各等级卷烟样品苯并[a]芘释放量比二润对照样分别降低8.25%、17.29%和5.71%。

经过复烤工序，下部烟叶卷烟样品与二润相比，巴豆醛释放量降低14.96%。中部与上部烟叶卷烟样品，巴豆醛释放量提高7.83%和1.82%。

打叶复烤各工序各部位烟叶样品的 HCN 释放

量，上部烟叶最高，下部烟叶最低。有研究指出，打叶复烤过程中不同部位烟叶中蛋白质含量变化是上部叶最高，下部叶最低<sup>[24]</sup>，这与 HCN 的释放量相一致。现行参数对上部 and 下部烟叶各工序卷烟样品 HCN 释放量的影响趋势是一致的，上部烟叶各工序间样品的变化强度整体高于下部烟叶。

中部与下部卷烟样品苯并[a]芘释放量明显高于上部烟叶；巴豆醛释放量，各等级各工序卷烟样品间无明显变化规律，现行工艺参数对各等级卷烟样品巴豆醛释放量的影响较大。

## 3 结 论

打叶复烤各工序不同部位烟叶卷烟样品 HCN、苯并[a]芘、巴豆醛的释放量不尽相同，一润工序使得上部烟叶卷烟样品 HCN 释放量增幅达到15.59%；二润工序使得下部烟叶卷烟样品苯并[a]芘释放量降低9.36%；复烤工序使得下部烟叶卷烟样品巴豆醛释放量降低14.96%，中部烟叶卷烟样品苯并[a]芘释放量降低17.29%。各工序上部烟叶卷烟样品 HCN 释放量最高，下部烟叶卷烟样品最低。现行工艺参数对上部 and 下部烟叶各工序卷烟样品 HCN 释放量的影响趋势一致，上部烟叶各工序间样品的变化强度整体明显高于下部烟叶。针对 HCN、苯并[a]芘、巴豆醛释放量对试验烟叶的不同影响，在打叶复烤生产过程中，应根据不同的烟叶产品使用需求，对工艺参数进行调整。由于本次试验仅采用了 C3F、X2F、B3F 这3个等级做为上、中、下部位的代进行分析研究，试验结果是否对其他地区和部位的烟叶具有相同的效果还有待进一步考证。

## 参考文献:

- [1] Johnson W R, Kang J C. Mechanism of hydrogen cyanide formation from the pyrolysis of amino acids and related compounds[J]. J Org Chem, 1971, 36: 189-192.

- [2] 黎成勇, 刘建福, 尹笃林, 等. 卷烟烟气中氢氰酸分析方法概述[J]. 中国烟草科学, 2005(1): 41-42.
- [3] 杨生平. 卷烟烟气中痕量氢氰酸的测定[J]. 云南烟草, 1995(1): 45-47.
- [4] Ootake Masayuki. Preparation of prussic acid: JP, 59227718[P]. 1984-12-21.
- [5] 木濛, 潘秀颖, 杨陟华. NNK和B[a]P在卷烟烟气复杂基质中的联合细胞毒性[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2012, 38(1): 49-52.
- [6] Andersen L G, John A L. Sources and sinks of formaldehyde and acetaldehyde: An analysis of denver ambient concentration data[J]. Atmospheric Environment, 1996, 30(12): 113-123.
- [7] Louis J S, Hanwant B S. Measurement formaldehyde and acetaldehyde in the urban ambient air[J]. Atmospheric Environment, 1986, 20(6): 1301-1304.
- [8] 肖协忠. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 242-251.
- [9] 严莉红, 易小丽, 周骏. 采用LC/MS/MS测定侧流卷烟烟气中挥发性羰基化合物的方法研究[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(5): 7-14.
- [10] Hoffmann D, Hoffmann I. The changing cigarette, 1950-1995[J]. J Toxicol Environ Health, 1997, 50(4): 307-364.
- [11] Health Canada. Backgrounder on constituents and emissions reported for cigarettes sold in Canada-2004 [EB/OL]. [2006-06-26]. [http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/tobac-tobac/legislation/reg/indust/constitu\\_e.html](http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/tobac-tobac/legislation/reg/indust/constitu_e.html).
- [12] 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.
- [13] 聂聪, 谢复炜, 赵乐, 等. 卷烟辅材参数与有害成分释放量的多元模型的建立、传递和验证[J]. 分析化学, 2012, 39(11): 1721-1725.
- [14] 李劲峰, 向能军, 李春, 等. 滤棒长度对卷烟主流烟气中7种有害物质的影响研究[J]. 应用化工, 2012, 41(1): 83-85.
- [15] 黄朝章, 李桂珍, 连芬燕, 等. 卷烟纸特性对卷烟主流烟气7种有害成分释放量的影响[J]. 烟草科技, 2012(4): 29-32.
- [16] 许永, 张霞, 刘巍, 等. 国内外卷烟样品主流烟气中氢氰酸释放量的差异[J]. 烟草科技, 2011(10): 58-60.
- [17] 邱晔, 王建, 卢伟. 国内外造纸法烟草薄片的烟气主要有害物释放量研究及其烟气危害性评估[J]. 现代科学仪器, 2010(3): 85-88.
- [18] 王鹏, 刘华, 曾建, 等. 制丝工艺参数对主流烟气中氢氰酸含量影响研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(2): 365-367.
- [19] 谭兰兰, 施丰成, 薛芳, 等. 卷烟制丝工艺参数对主流烟气中苯并[a]芘释放量的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 165-167.
- [20] 陈昆燕, 薛芳, 曾建, 等. 重点工序工艺参数与卷烟主流烟气中巴豆醛释放量的关系研究[J]. 江西农业学报, 2009(12): 40-42, 45.
- [21] YC/T253—2008, 卷烟主流烟气中氢化氰的测定[S].
- [22] GB/T21130—2007, 卷烟烟气总粒相物中苯并[a]芘的测定[S].
- [23] YC/T254—2008, 卷烟主流烟气中主要羰基化合物的测定 高效液相色谱法[S].
- [24] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 158.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维