

## 烟碱形态与卷烟烟气粒相物 pH 的关联性研究

吴继忠<sup>1</sup>, 戴莉<sup>2</sup>, 徐清泉<sup>1</sup>, 梁娅<sup>2</sup>, 廖付<sup>1</sup>, 祁林<sup>2</sup>, 吴键<sup>1\*</sup>, 张峻松<sup>2</sup>

(1.浙江中烟工业有限责任公司技术中心, 浙江 杭州 310008; 2.郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 分别测定 38 种具代表性卷烟烟丝中总烟碱、游离态烟碱、结合态烟碱的含量和烟气总粒相物 pH, 通过简单相关性和内在关联性分析方法, 研究卷烟烟丝中烟碱不同形态与烟气总粒相物 pH 的关联性。简单相关性分析结果表明, 游离烟碱含量与卷烟烟气总粒相物 pH 呈显著正相关, 相关系数为 0.846, 游离烟碱和总烟碱之比与卷烟烟气总粒相物 pH 呈显著正相关, 相关系数为 0.784。内在关联分析结果表明, 总烟碱含量对烟气总粒相物 pH 影响显著( $P=0.016$ )。

**关键词:** 卷烟; 烟碱形态; 烟气; pH

中图分类号: S572.01

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2014)03-0253-04

## Relational analysis between nicotine forms and pH of total particulate matter of cigarettes smoke

WU Ji-zhong<sup>1</sup>, DAI Li<sup>2</sup>, XU Qing-quan<sup>1</sup>, LIANG Ya<sup>2</sup>, LIAO Fu<sup>1</sup>, QI Lin<sup>2</sup>, WU Jian<sup>1\*</sup>, ZHANG Jun-song<sup>2</sup>

(1.Technology Center, China Tobacco Zhejiang Industrial Co. Ltd., Hangzhou 310008, China; 2.School of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The content of total nicotine, free nicotine, bound nicotine and pH of total particulate matter (TPM) value of domestic tobacco from 38 representational brands were measured and the relationship between the nicotine forms and TPM pH of cigarettes smoke were investigated by simple correlation analysis and intrinsic relevance analysis. The results of the simple correlation analysis showed that the content of free nicotine was significantly positively correlated with TPM pH with a correlation coefficient of 0.846, the ratio of free nicotine to total nicotine showed a significantly positively correlation with TPM pH with a correlation coefficient of 0.784. The result of intrinsic relevance analysis showed that the content of total nicotine affect the TPM pH markedly ( $P=0.016$ ).

**Key words:** cigarette; nicotine forms; smoke; pH

烟气 pH 综合反映卷烟配方中的化学组成和化学平衡, 尤其可反映烟气中烟碱的存在形态<sup>[1-2]</sup>。烟叶中的烟碱根据其与质子结合情况可分为游离态烟碱和结合态烟碱, 烟碱形态与烟气 pH 的相关性对表征卷烟的内在感官品质至关重要<sup>[3-4]</sup>。

20 世纪 50 年代, 烟气 pH 的重要性开始引起烟草化学家们的注意, 并着手考察 pH 对卷烟主流烟气

中烟碱的质子化程度和消费者吸收率的影响<sup>[5-6]</sup>。Brunnemann 等<sup>[7]</sup>分析烟碱形态分布与卷烟烟气 pH 值关系时发现, 当烟气 pH > 6.0 时, 烟碱才能以游离态存在; J.F. Pankow<sup>[8-10]</sup>和 C.H. Watson 等<sup>[11]</sup>依据主流烟气中游离烟碱的含量, 推算主流烟气的有效 pH; 陈建潭等<sup>[12]</sup>采用国际通用的烟气分析方法, 对收集的国内外卷烟烟气粒相物中烟碱及游离

收稿日期: 2013-09-17

基金项目: 国家烟草专卖局科技计划项目(0320130226)

作者简介: 吴继忠(1981—), 男, 江苏六合人, 硕士研究生, 主要从事卷烟产品配方和烟草化学研究, wujizhong@zjtobacco.com;

\*通信作者, wujian@zjtobacco.com

烟碱的含量进行研究,指出不同形态烟碱含量差异性对感官品质的影响。但这些研究未揭示主流烟气颗粒物 pH 与烟丝烟碱形态的相关性,对指导卷烟配方和提升感官品质有较大的局限性。

笔者选取具代表性的 38 种中式烤烟型卷烟,测定卷烟中总烟碱、游离烟碱、结合烟碱含量和烟气颗粒物的 pH 值,对烟气颗粒物 pH 与卷烟烟碱形态之间的关系进行简单相关性分析和内在关联分析,探究烟碱形态对烟气颗粒物 pH 的影响,了解烟叶原料的烟碱形态分布特征,以期通过调控烟气 pH,进而提升卷烟的内在品质。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

38 个卷烟样品(烤烟型),均由市场购得。

主要仪器设备有 LM5+ 实验室吸烟机(德国 Borgwaldt-KC 公司)、Agilent7820A 气相色谱仪(美国安捷伦公司)、MODEL868 型奥立龙离子酸度计(Termo ELECTRON CORPORATION)等。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 样品准备

取卷烟样品烟丝,粉碎后过孔径为 0.42 mm 筛,

按 YC/T32—2000 烘箱法测定样品含水率。

#### 1.2.2 测定项目及方法

1) 游离烟碱的测定,参照文献[13]方法进行。

2) 总烟碱的测定,参照文献[14]方法进行。

根据烟碱形态理论,烟草中总烟碱含量减去游离烟碱含量即为结合态烟碱含量。

3) 卷烟烟气总颗粒物 pH 的测定。按照国标规定的条件抽吸平衡好的卷烟样品,用剑桥滤片收集烟气颗粒物,每只滤片捕集 4 支卷烟,共捕集 20 支卷烟。吸完后,取出滤片,放入 150 mL 的具塞广口三角瓶中,用小块滤片擦净烟支夹持器,也放入萃取瓶中。加入 50 mL 异丙醇,再加入 50 mL 蒸馏水,振荡萃取 0.5 h,温度 25.0 °C,振荡频率 120 r/min,静置 0.5 h 后过滤,用离子酸度计测定滤液的 pH,作为卷烟烟气总颗粒物 pH。

## 2 结果与分析

### 2.1 烟碱形态与烟气颗粒物 pH 的简单相关分析

卷烟游离烟碱、结合态烟碱、总烟碱含量和烟气总颗粒物 pH 的测定结果见表 1。

表1 卷烟游离烟碱、结合烟碱和总烟碱含量及其烟气总颗粒物pH

卷烟编号	游离烟碱/%	总烟碱/%	结合烟碱/%	游离烟碱/总烟碱	总颗粒物 pH
1	1.32	2.14	0.82	0.62	6.200
2	1.18	2.13	0.95	0.55	6.139
3	1.05	1.91	0.86	0.55	6.009
4	1.21	1.38	0.17	0.88	6.173
5	0.45	1.55	1.10	0.29	5.848
6	0.77	1.88	1.11	0.41	6.137
7	0.96	2.15	1.19	0.45	6.074
8	1.24	2.04	0.80	0.61	6.142
9	0.98	1.83	0.85	0.54	6.203
10	1.17	2.16	0.99	0.54	6.148
11	1.07	2.10	1.03	0.51	6.101
12	0.60	1.98	1.38	0.30	6.079
13	0.79	2.00	1.21	0.39	6.216
14	1.06	2.15	1.09	0.49	6.118
15	0.90	1.98	1.08	0.45	6.082
16	0.91	1.87	0.96	0.49	6.055
17	0.93	2.00	1.07	0.46	6.038
18	0.87	1.99	1.12	0.44	6.140

续 表

卷烟编号	游离烟碱/%	总烟碱/%	结合烟碱/%	游离烟碱/总烟碱	总粒相物 pH
19	1.04	1.94	0.90	0.54	6.125
20	0.83	2.09	1.26	0.39	6.127
21	1.13	2.01	0.88	0.56	6.241
22	0.90	1.81	0.91	0.50	6.005
23	1.09	1.82	0.73	0.60	6.140
24	1.32	1.89	0.57	0.70	6.442
25	0.78	1.88	1.10	0.41	5.999
26	0.84	1.59	0.75	0.53	6.002
27	1.05	2.02	0.97	0.52	5.996
28	1.07	2.20	1.13	0.49	6.187
29	1.10	2.29	1.19	0.48	6.102
30	0.98	1.89	0.91	0.52	5.986
31	0.97	2.06	1.09	0.47	6.012
32	0.78	1.86	1.08	0.42	6.077
33	0.97	2.01	1.04	0.48	5.975
34	0.94	1.92	0.98	0.49	6.020
35	0.93	1.80	0.87	0.51	5.994
36	1.14	2.22	1.08	0.51	6.088
37	0.94	1.96	1.02	0.48	6.068
38	1.08	2.07	0.99	0.52	6.158

将游离烟碱含量、游离烟碱与总烟碱的比值、结合烟碱含量和pH 值进行回归分析，结果如图1~图3所示。

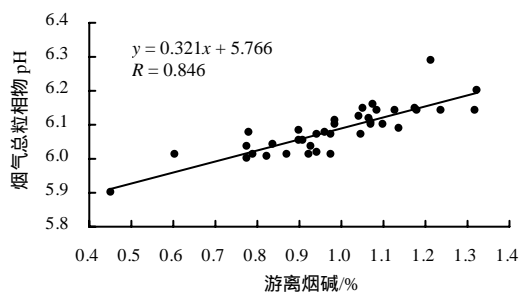


图1 烟气总粒相物pH与游离烟碱含量的相关性

Fig.1 Relationship between the smoke pH and the content of free nicotine

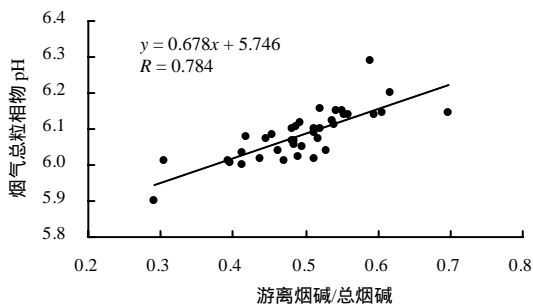


图2 烟气总粒相物pH与游离烟碱占总烟碱比例的相关性

Fig.2 Relationship between the smoke pH and the ratio of free nicotine to total nicotine

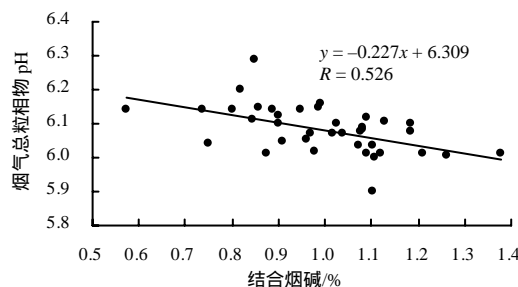


图3 烟气总粒相物pH与结合烟碱含量的相关性

Fig.3 Relationship between the smoke pH and the content of bound nicotine

结果表明，游离烟碱含量与卷烟烟气总粒相物pH的相关系数为0.846，呈显著正相关；游离烟碱和总烟碱的比值与卷烟烟气总粒相物pH的相关系数为0.784，呈显著正相关。

游离烟碱和游离烟碱/总烟碱与烟气粒相物pH相关性显著，说明随着烟丝中游离烟碱含量的增加，烟气总粒相物pH呈现升高趋势，烟气总粒相物pH的升高将会导致烟气中吡啶、吡嗪类物质释放量的增加，对提升卷烟的满足感起积极的作用。

## 2.2 烟碱形态与烟气粒相物 pH 的内在关联分析

由于简单相关分析时，拟合曲线并不能完全反映烟碱形态与卷烟烟气粒相物pH的内在关联性，为

此,采用Mathematic软件,对游离烟碱( $X_1$ )、总烟碱( $X_2$ )、结合烟碱( $X_3$ )以及游离烟碱/总烟碱( $X_4$ )与卷烟烟气总粒相物pH值( $Y$ )进行关联分析。烟碱形态与烟气粒相物pH的关联参数见表2,烟碱形态与烟气粒相物pH的方差分析结果见表3。

表2 烟碱形态与烟气粒相物pH的关联参数

Table 2 The Correlation analysis parameters of the nicotine forms and smoke pH

参数	估计值	标准误差	$t$	$P$
常数项	5.230	0.534	9.790	0.000
$X_1$	-0.031	0.254	-0.121	0.905
$X_2$	0.141	0.056	2.550	0.016
$X_3$	0.171	0.273	0.628	0.534
$X_4$	0.898	0.901	0.997	0.326

表3 烟碱形态与烟气粒相物pH的方差分析结果

Table 3 The results of variance analysis of the nicotine forms and smoke pH

参数	自由度	总偏差	均方差	$F$	$P$
模型	4	0.134	0.033 50	4.637	0.004 42
误差	33	0.239	0.007 23		
总体	37	0.373			

根据方差分析结果,可以得到回归方程  $y=5.23-0.031X_1+0.14X_2+0.17X_3+0.90X_4$ , 回归方程显著( $P < 0.05$ ), 方程的总均方差为0.007 23, 说明可以采用该方程来预测游离烟碱( $X_1$ )、总烟碱( $X_2$ )、结合烟碱( $X_3$ )和两者比值( $X_4$ )对烟气总粒相物pH的贡献度。由表2可知,总烟碱( $X_2$ )对烟气总粒相物pH影响显著( $P=0.016$ )。游离烟碱( $X_1$ )、结合烟碱( $X_3$ )和两者比值( $X_4$ )对总粒相物pH的影响大小依次为  $X_4$ 、 $X_3$ 、 $X_1$ , 说明可根据烟叶原料中不同形态烟碱和总烟碱的含量特征,通过调整卷烟配方组成,改善卷烟内在品质。

#### 参考文献:

- [1] 肖协忠. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 179.
- [2] 金闻博, 戴亚, 杨俊. 尼古丁化学[M]. 北京: 中国轻

工业出版社, 1993: 139.

- [3] 刘百战, 舒俊生, 王素芳, 等. 烟叶类型和外加成分对卷烟烟气总粒相物 pH 值的影响[J]. 烟草科技, 2003(3): 24-27.
- [4] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 78.
- [5] Dixon M, Lambing K, Seeman J I. On the transfer of nicotine from tobacco to the smoker: A brief review of ammonia and "pH" factors[J]. Beitr Tabakforsch Int, 2000, 19(2): 103-113.
- [6] 苏明亮, 吴鸣, 谢剑平. 烟草及烟气中烟碱形态研究进展[J]. 烟草科技, 2004(6): 20-26.
- [7] Brunnemann K D, Hoffmann D. Chemical studies on tobacco smoke XXIV. A quantitative method for carbon monoxide and carbon dioxide in cigarette and cigar smoke[J]. J Chromatogr Sci, 1974, 12(2): 70-75.
- [8] Pankow J F. A consideration of the role of gas/particle partitioning in the deposition of nicotine and other tobacco smoke compounds in the respiratory tract[J]. Chem Res Toxicol, 2001, 14(11): 1465-1481.
- [9] Pankow J F, Mader B T, Isabelle L M, et al. Conversion of nicotine in tobacco smoke to its volatile and available free-base form through the action of gaseous ammonia[J]. Environ Sci Technol, 1997, 31(8): 2428-2433.
- [10] Pankow J F, Tavakoli A D, Luo W, et al. Percent free base nicotine in the tobacco smoke particulate matter of selected commercial and reference cigarettes[J]. Chem Res Toxicol, 2003, 16(8): 1014-1018.
- [11] Watson C H, Trommel J S, Ashley D L. Solid-phase microextraction-based approach to determine free-base nicotine in trapped mainstream cigarette smoke total particulate matter[J]. Agric Food Chem, 2004, 52(24): 7240-7245.
- [12] 陈建潭, 李世杰. 卷烟烟气粒相物 pH 值、游离烟碱含量与卷烟劲头的关系[J]. 烟草科技, 2000(6): 20-21.
- [13] 卢丽娟. 烟碱形态与烟草品质的相关性研究[D]. 郑州: 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 2010.
- [14] YC/T246—2008, 烟草及烟草制品烟碱的测定气相色谱法[S].

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维